



Auftraggeber:

Magistrat Graz, Umweltamt

Endbericht

April 2004

Univ.-Prof. Dr. Ernst Stadlober

Brigitte Pfeiler

Institut für Statistik

TU GRAZ

INHALTSVERZEICHNIS

1. DATENMATERIAL	3
2. EXPLORATIVE ANALYSE DER DATEN	4
2.1 Vergleich der 5 Grazer Messorte	4
3. ANALYSEN FÜR GRAZ-NORD UND GRAZ-MITTE	17
3.1 Explorative Analysen für Graz-Nord im Sommer	17
3.2 Explorative Analysen für Graz-Nord im Winter	19
3.3 Explorative Analysen für Graz-Mitte im Sommer	21
3.4 Explorative Analysen für Graz-Mitte im Winter	23
4. QUANTIFIZIERUNG DER EINFLUSSGRÖSSEN	25
4.1 Analysen für Graz-Nord	27
4.1.1 Einfluss des Niederschlags und des Windes	27
4.1.2 Einfluss des Verkehrs	32
4.1.3 Einfluss der Inversionswetterlage	33
4.2 Analysen für Graz-Mitte	34
4.2.1 Einfluss des Windes	34
4.2.2 Einfluss des Verkehrs	35
4.2.3 Einfluss der Inversionswetterlage	37
5. REGRESSIONSMODELLE FÜR LN(PM10)	38
5.1 Modell der Tageswerte in Graz-Nord im Sommer	38
5.1.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells	40
5.2 Modell der Tageswerte in Graz-Nord im Winter	41
5.2.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells	43
5.3 Modell der Tages-/Nachtwerte in Graz-Nord im Sommer	44
5.4 Modell der Tages-/Nachtwerte in Graz-Nord im Winter	45
5.5 Modell der Tageswerte in Graz-Mitte im Sommer	46
5.5.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells	48
5.6 Modell der Tageswerte in Graz-Mitte im Winter	49
5.6.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells	51
5.7 Modell Tages-/Nachtwerte in Graz-Mitte im Sommer	52
5.8 Modell Tages-/Nachtwerte in Graz-Mitte im Winter	53
6. PROGNOSEMODELL FÜR TAGESMITTELWERTE PM10	54
7. ANHANG: KFZ - AUSWERTUNGEN	56
7.1 Analyse aller Messstellen	56
7.2 Analysen für Graz-Nord	58
7.3 Analysen für Graz-Mitte	60
8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	62

1. DATENMATERIAL

Für die Analyse wurden uns vom Umweltamt Graz (Hr. Ing. Koller) auf Halbstunden und Tage gruppierte Zählwerte der Verkehrssignalanlagen (Ing. Ortner) zur Verfügung gestellt.

Wir haben die von der FA 17C (Hr. Mag. Schopper) bereit gestellten Halbstundenmittelwerte verschiedener Messgrößen (siehe Tab.1) für folgende Zeiträume angepasst:

- o **Zeitraum 1: 20.05.2003 00:30 Uhr - 27.05.2003 24:00 Uhr**
- o **Zeitraum 2: 10.06.2003 00:30 Uhr - 29.06.2003 24:00 Uhr**
- o **Zeitraum 3: 09.07.2003 00:30 Uhr - 30.09.2003 24:00 Uhr**
- o **Zeitraum 4: 01.10.2003 00:30 Uhr - 31.12.2003 24:00 Uhr**

Die PM10-Werte wurden an den 5 Grazer Messstellen *Graz Nord*, *Graz Mitte*, *Graz Ost*, *Graz Don-Bosco* und *Graz Süd* gemessen, sowie ab Oktober auch auf der *Platte*. Wir konnten dabei auf Daten von **204 Tagen** ($\approx 56\%$) des Jahres 2003 zurückgreifen.

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. Feinstaubwerte von der Platte gibt es ab November.
- Bei der Messstelle Platte fehlen die Temperaturwerte im Zeitraum 1, vom 10.6.03 00:30 Uhr - 12.6.03 08:00 Uhr, vom 15.6.03 00:30 Uhr - 16.6.03 08:00 Uhr und im Zeitraum 4.
- Der Niederschlag wurde (leider) nur in Graz-Nord bis Ende Oktober gemessen.
- Die Windgeschwindigkeiten wurden in Graz-Nord, Graz-Süd, am Schloßberg, auf der Platte, in Kalkleiten und am Schöckl gemessen.
- Zusätzliche Windmessungen (x) im Oeverseepark für Berechnungen in Graz-Mitte.

2. EXPLORATIVE ANALYSE DER DATEN

2.1 Vergleich der 5 Grazer Messorte

In den folgenden Betrachtungen wollen wir anhand der Daten aus allen Zeiträumen die prinzipielle Größenordnung und bemerkenswerte Unterschiede der Feinstaubwerte PM10 analysieren und aufzeigen.

Einen ersten Überblick über die Verteilung der **4-Stunden-Mittelwerte von PM10** liefern die Boxplots und Fehlerbalken in den Diagrammen 1 & 2. Die horizontale Linie im Zentrum der Boxen gibt den Median der 4-Stunden-Mittelwerte an. Das Quadrat im Fehlerbalken symbolisiert den entsprechenden Mittelwert. Die Verteilungscharakteristik der Werte ist bei allen 4 Messorten ähnlich (leicht rechtsschiefe Verteilung mit einigen Ausreißern $> 95 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Wir unterscheiden zwischen Sommer (Zeiträume 1-3) und Winter (Zeitraum 4).

Bericht 1 (Sommer)

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

Ort	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Graz-Nord	28,87	27,55	672	15,19	,40	97,43
Graz-Mitte	35,03	32,84	670	16,26	1,43	110,48
Graz-Ost	30,36	28,27	666	15,98	2,33	114,53
Graz-DB	35,11	32,07	654	15,56	5,54	95,66
Graz-Süd	30,45	28,46	664	14,20	3,11	84,89
Insgesamt	31,95	29,90	3326	15,66	,40	114,53

Bericht 2 (Winter)

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

Ort	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Graz-Nord	33,18	28,36	552	21,91	,16	127,48
Graz-Mitte	46,67	39,46	552	29,39	1,38	201,01
Graz-Ost	36,73	31,66	552	22,64	,68	162,32
Graz-DB	54,33	47,61	552	32,96	3,19	211,89
Graz-Süd	49,76	41,49	552	33,64	1,88	205,75
Platte	20,24	15,30	528	15,78	,00	95,74
Insgesamt	40,30	33,29	3288	29,21	,00	211,89

Sommer

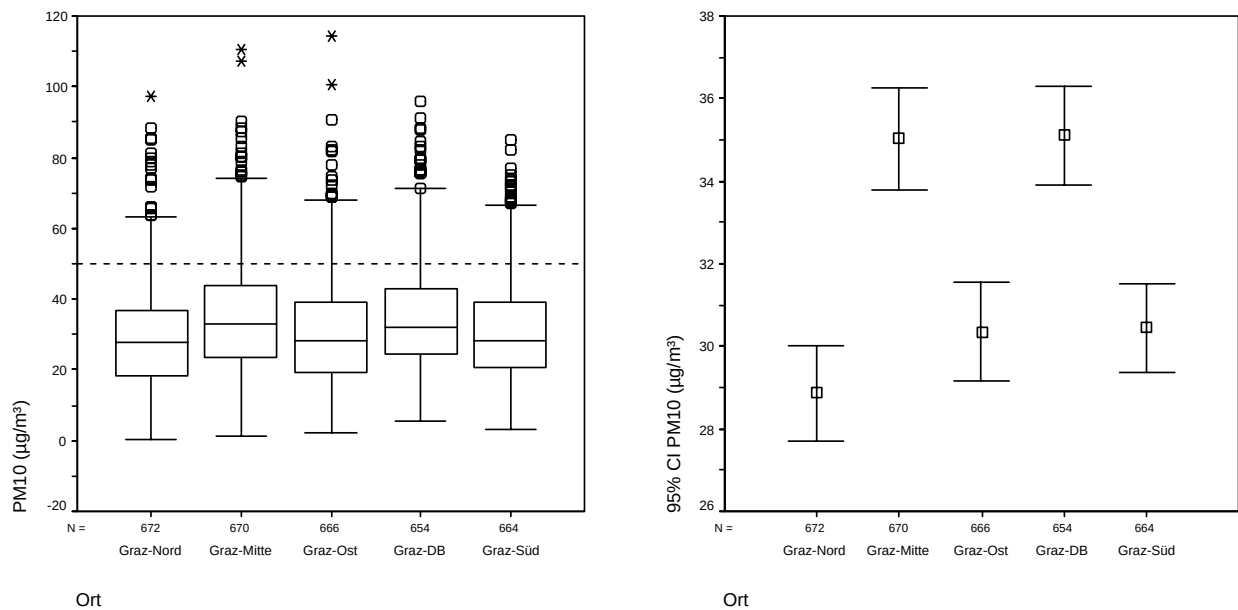


Diagramm 1: Tabelle, Boxplots und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte im Sommer

Winter

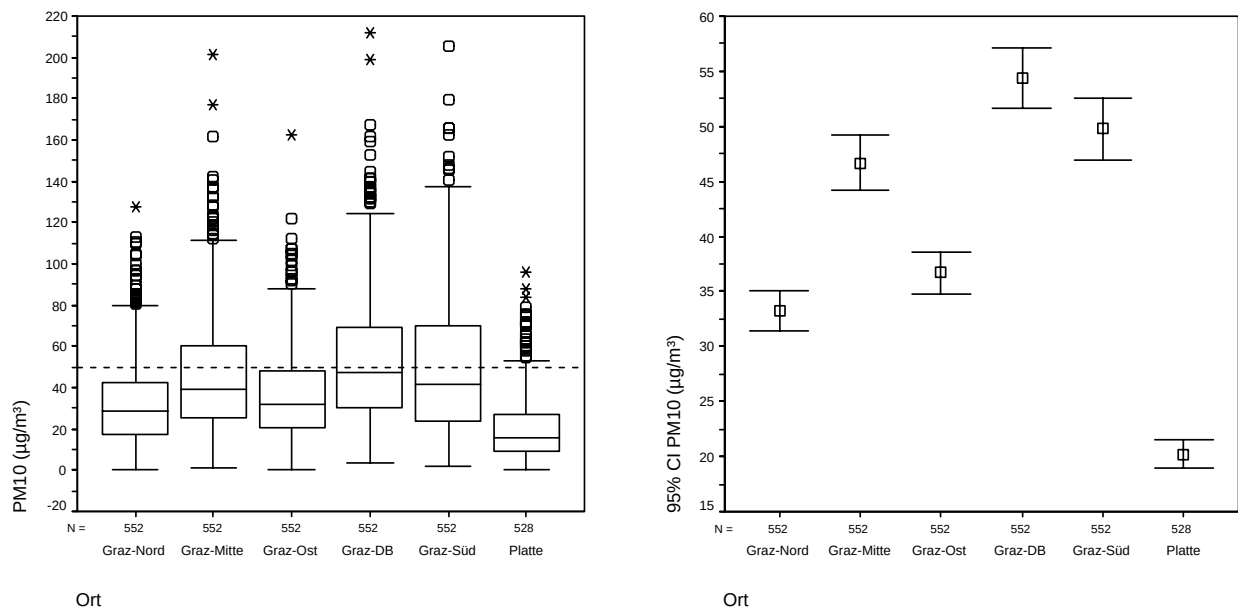


Diagramm 2: Tabelle, Boxplots und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte im Winter

Die getrennte Betrachtung der 4-Stunden-Mittelwerte in den Diagrammen 3 & 4 gibt einen ersten Eindruck über die Abhängigkeit von der Tageszeit und der Messtelle.

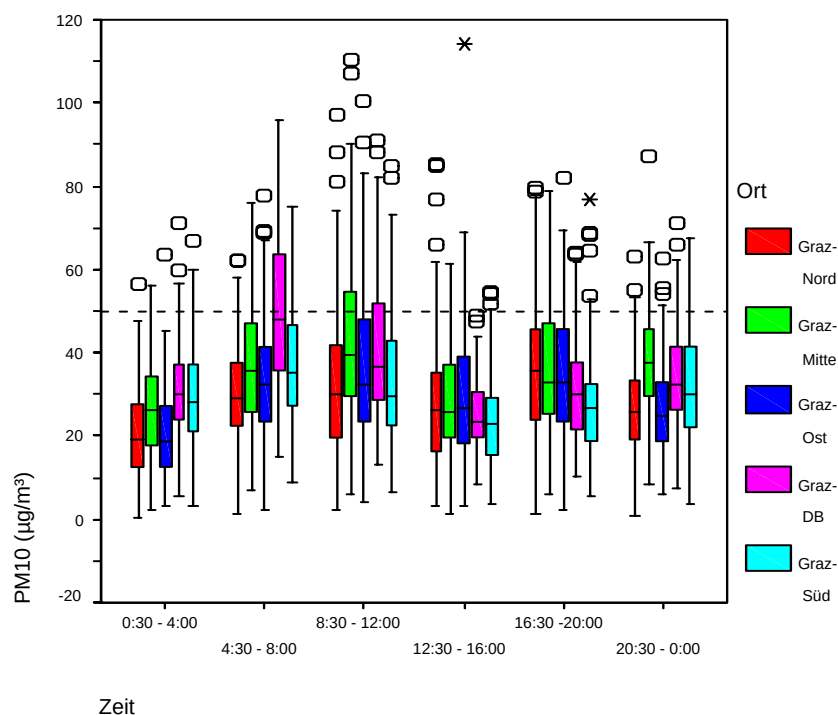


Diagramm 3: Boxplotserie der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Ort und Zeit im Sommer

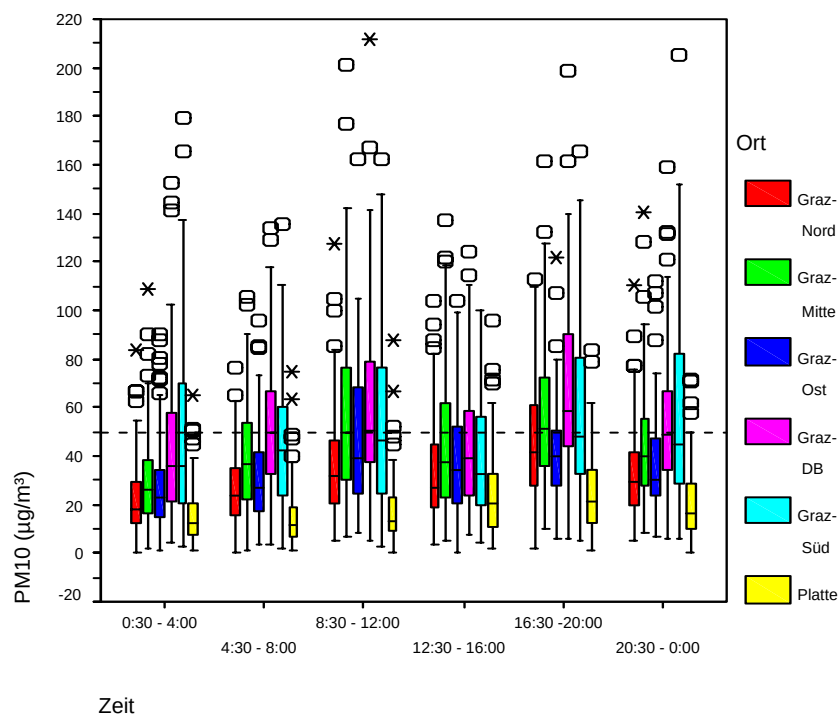


Diagramm 4: Boxplotserie der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Ort und Zeit im Winter

Die Aufspaltung in die 3 Tageskategorien **Werktag** (Mo-Fr), **Samstag** und **Sonntag** zeigt eine heterogene Verteilung an den Werktagen und Samstagen. Die Werte am Sonntag sind zumeist niedriger und weisen auch eine geringere Streuung auf (s. Diagramme 5 & 6).

Für die Intervalle im Bereich 4:30 - 20:00 Uhr ergibt sich, je nach Standort, an Sonntagen im Sommer eine Verringerung der PM10-Werte auf **60-90%** der Werktagswerte und im Winter auf **60-80%**.

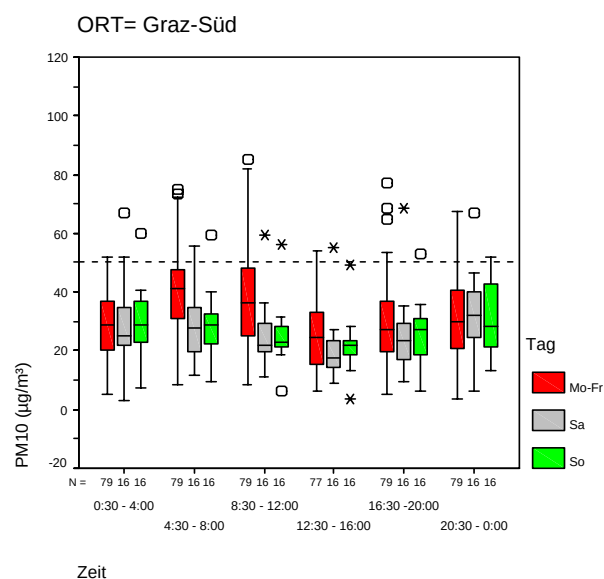
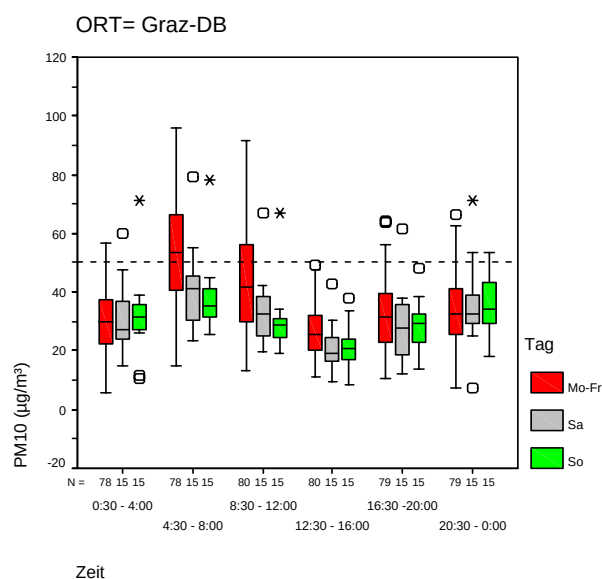
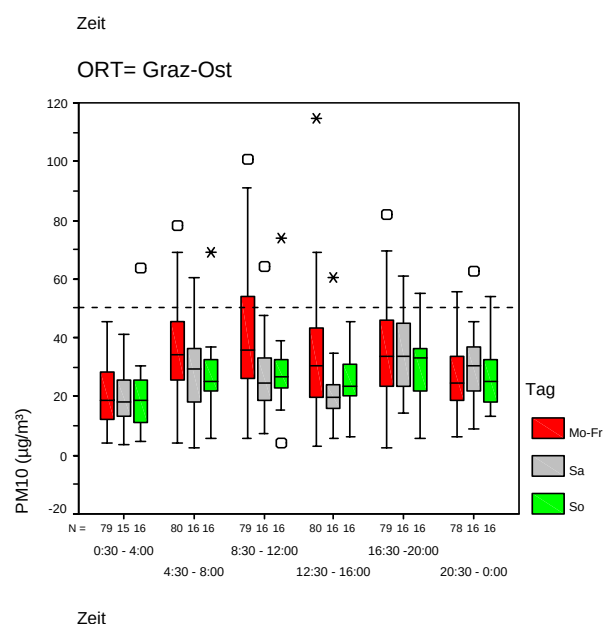
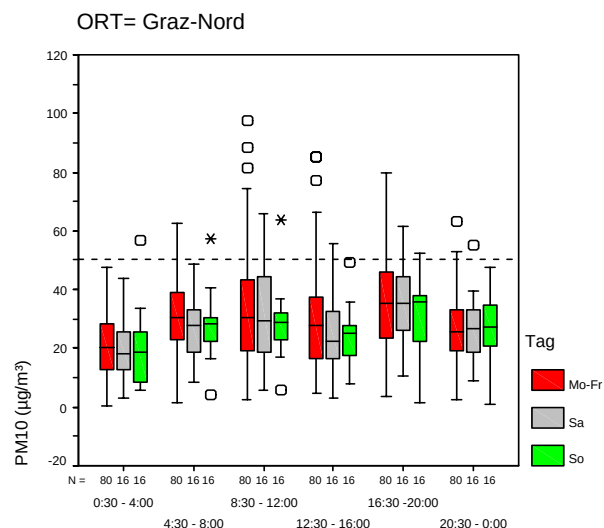
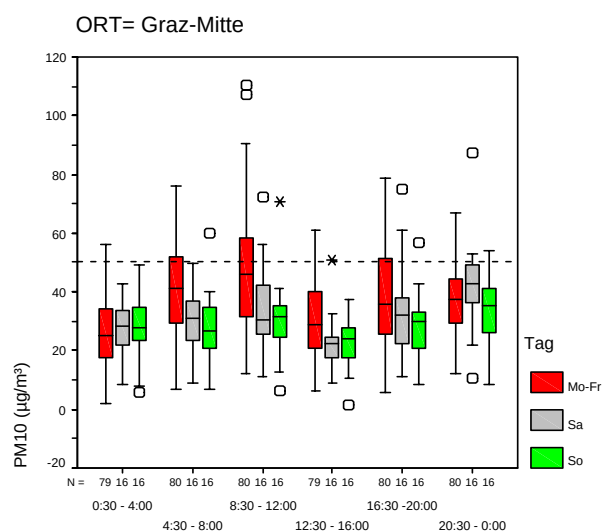


Diagramm 5: Boxplotserien der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende und Zeit im Sommer

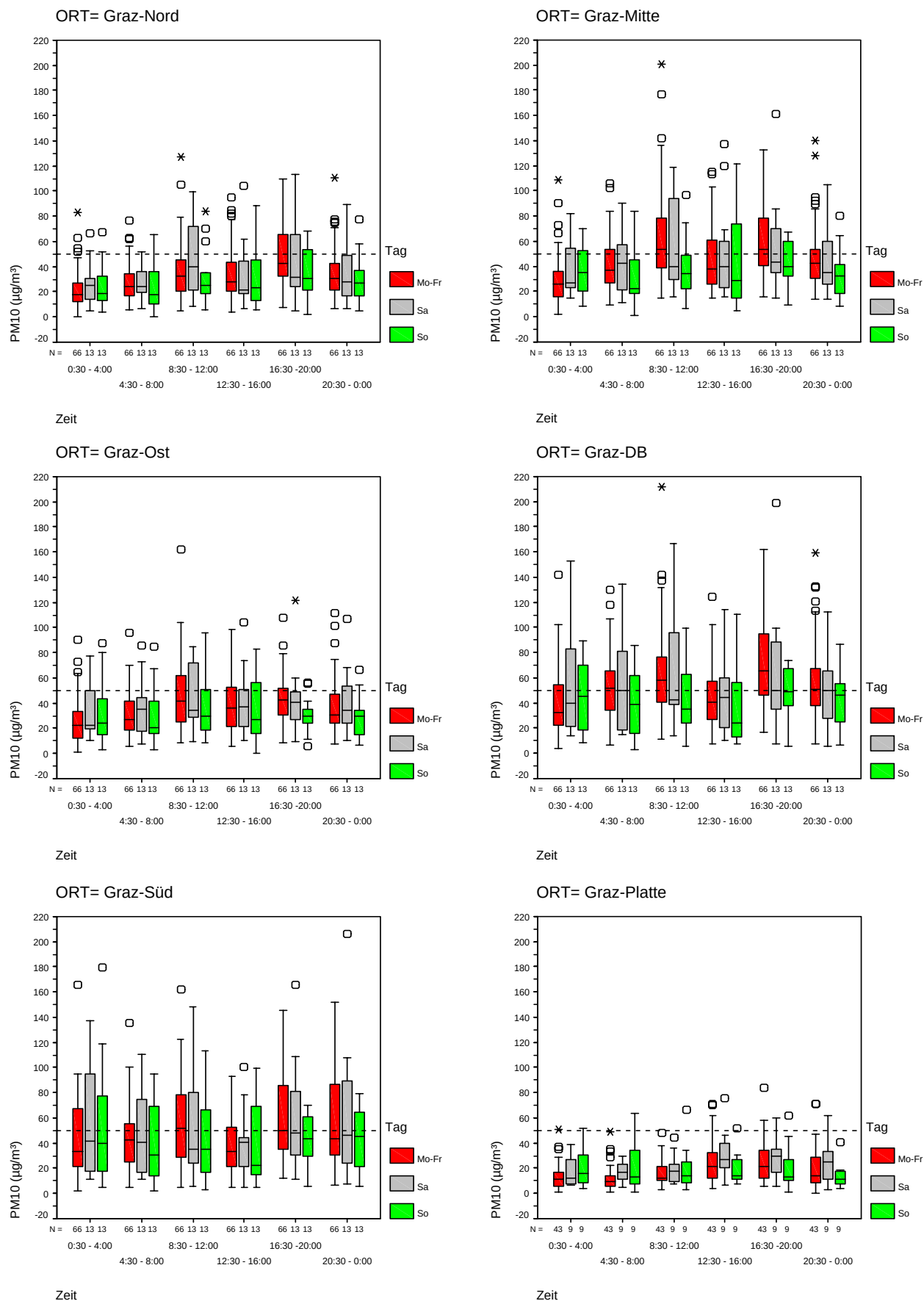


Diagramm 5: Boxplotserien der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende und Zeit im Winter

Die Boxplotserien der 4-Stunden-Mittelwerte, bezogen auf die einzelnen Tage (siehe Diagramme 7 & 8), zeigen nicht nur eine deutliche Verringerung des mittleren Niveaus, sondern auch der Streubreite **an und nach Regentagen, bzw. Sonntagen**.

An ungefähr **15% der Tage** im Sommer gab es **Regen** (siehe Tabelle auf Seite 13).

Die Mediane nach Regentagen sinken auf ein Niveau von ca. **10 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

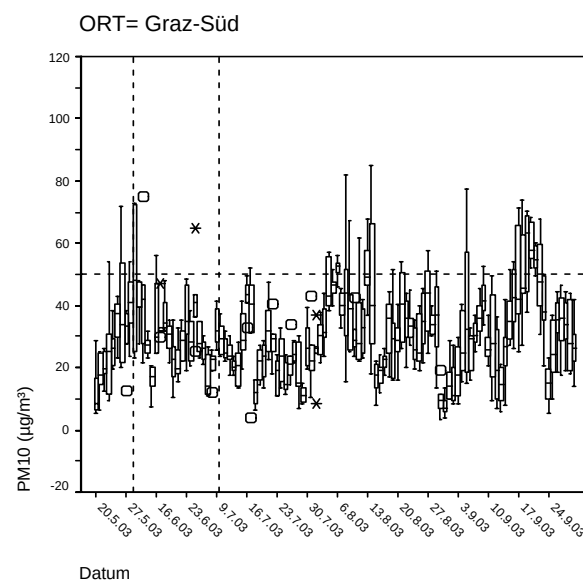
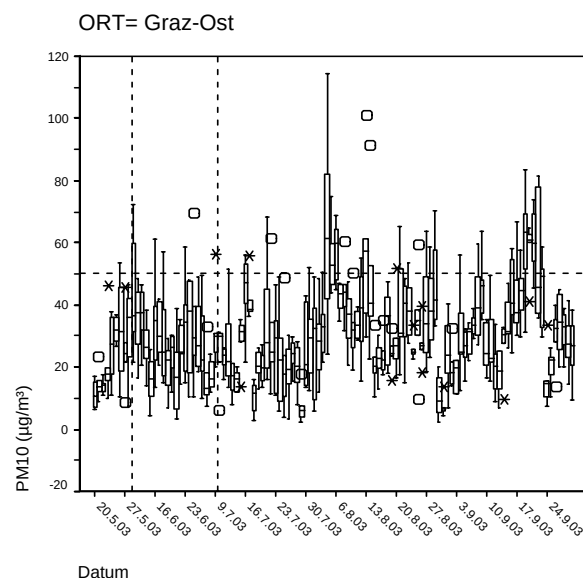
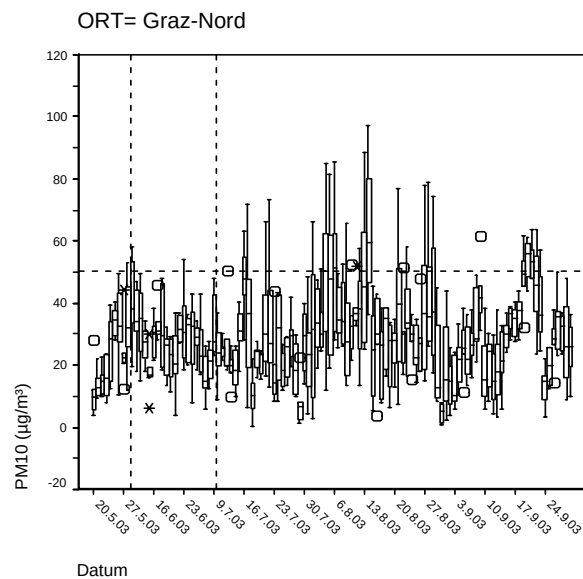
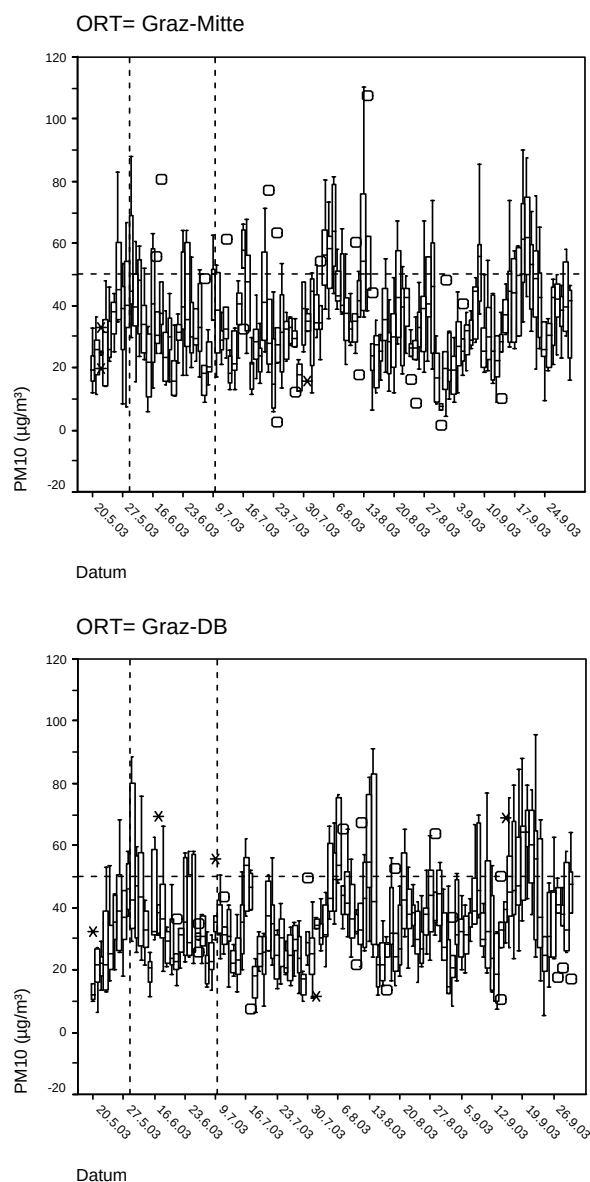


Diagramm 7: Boxplotserien der 4-Stunden-Mittelwerte im Sommer

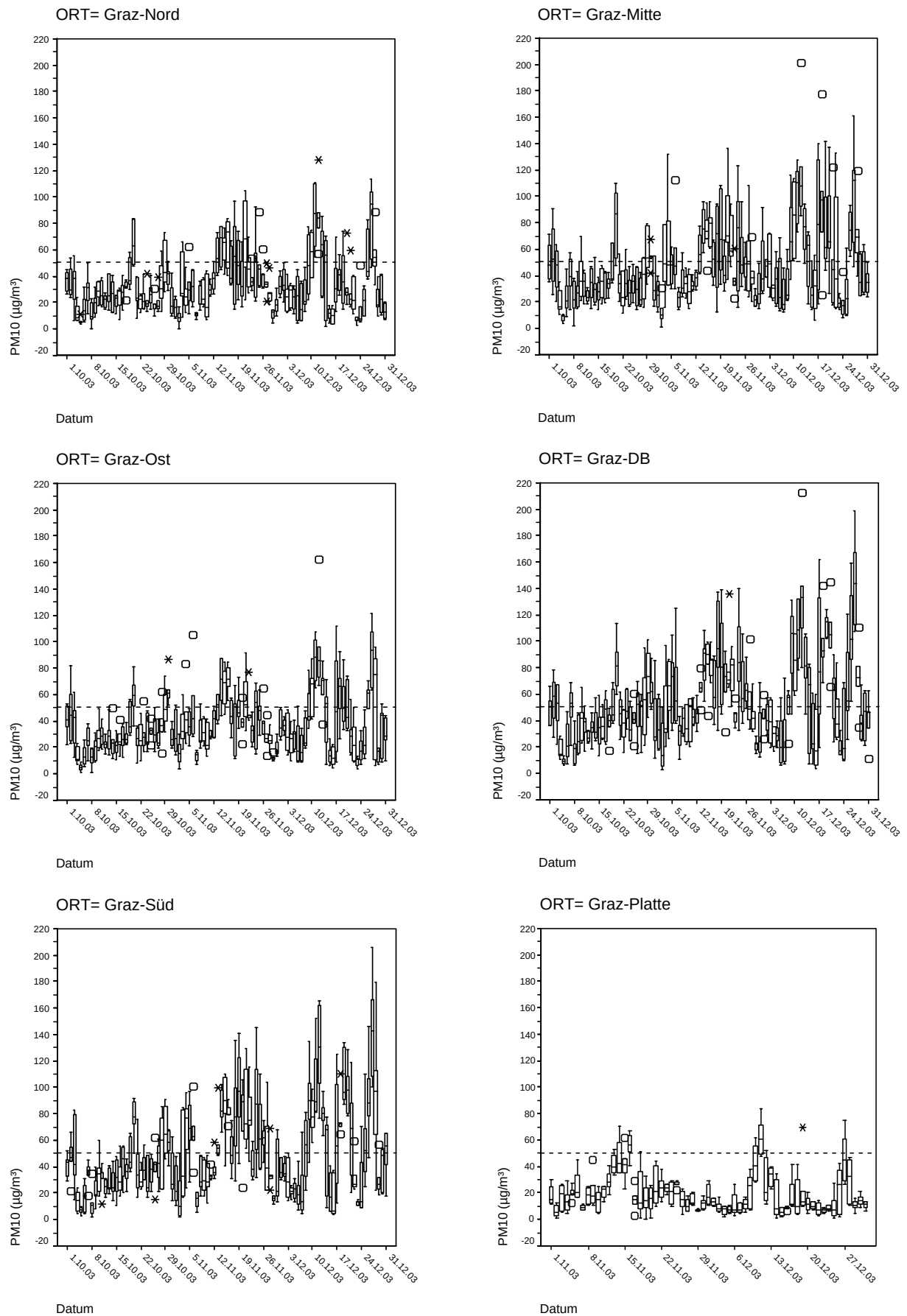


Diagramm 8: Boxplotserien der 4-Stunden-Mittelwerte im Winter

Die Liniendiagramme zeigen einen ähnlichen Verlauf aller 5 Messorte, wobei in Graz-Mitte durchwegs ein höheres Niveau der PM10-Werte als in Graz-Nord gemessen wurde (rechter Teil der Diagramme 9 & 10).

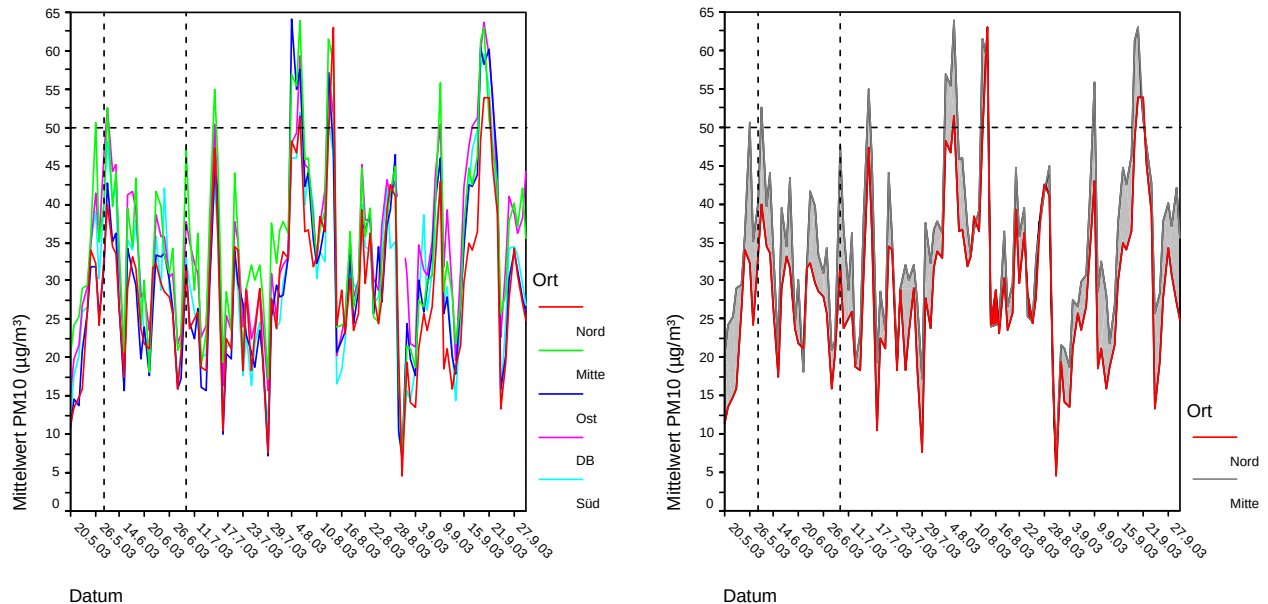


Diagramm 9: Liniendiagramme der Tagesmittelwerte im Sommer

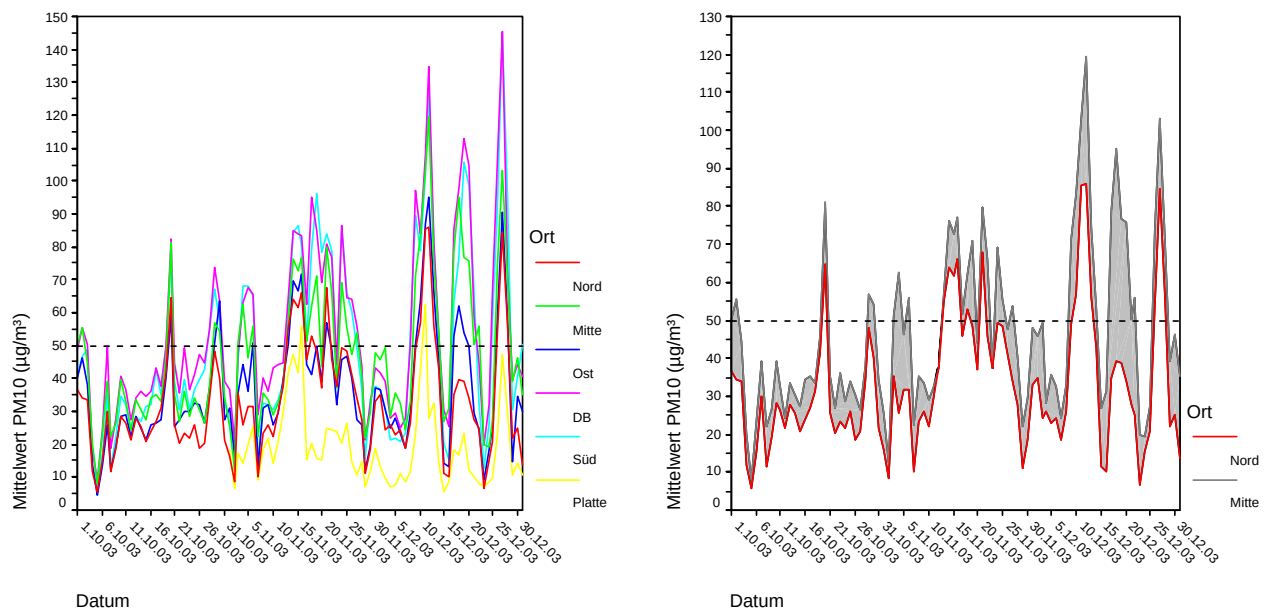


Diagramm 10: Liniendiagramme der Tagesmittelwerte im Winter

An **58 von 204 Tagen** (=28%) hat es an mindestens einer Messstelle eine Überschreitung des Tagesmittelwertes PM10 von 50 µg/m³ gegeben. Die **meisten Überschreitungen** gab es in **Graz-Don Bosco** (51), gefolgt von **Graz-Mitte** (47) und **Graz-Süd** (42), die **wenigsten** in **Graz-Nord** (18). An 47 der 58 (=81%) Überschreitungstage herrschte Inversionswetterlage.

Tabelle 2: Charakterisierung der Überschreitungen des Grenzwertes für PM10 im Sommer

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			ORT					Über-schreitungen	Wetter-lage	Regen	Niederschlags-menge (l/m^2)
			Graz-Nord	Graz-Mitte	Graz-Ost	Graz-DB	Graz-Süd				
Periode	Wochentag	Datum	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert				
1	Mo	26.5.03		50,58				1	I	R	0,056
1	Do	11.6.03		52,63		52,61		2	I	R	0,002
1	Mi	16.7.03		55,02		50,3		2			
3	Mo	4.8.03	51,39	57,03	64,15	59,33	51,88	2	I	R	0,248
	Di	5.8.03		55,44	55			2	I	R	0,065
	Mi	6.8.03		63,94	57,56			5	I	R	0,01
2	Mi	13.8.03	63,12	61,59	57,15	57,11	51,08	4	I		
	Do	14.8.03		58,76		51,62		3	I	R	0,013
1	Di	9.9.03		55,89		50,38		2		R	0,361
6	Mi	17.9.03	53,98 53,79	61,21 62,98 51,08	60,35 58,27 60,23 53,87	50,08	57,83 59,46 55	1	I		
	Do	18.9.03				51,34		1	I		
	Fr	19.9.03				60,09		4	I		
	Sa	20.9.03				63,66		5	I		
	So	21.9.03				59,29		5	I		
	Mo	22.9.03				54,29		2	I		
Überschreitungen			4	12	8	12	5	15 Tage			
Prozent vom Grenzwert			111%	114%	117%	110%	110%				

Tabelle 3: Charakterisierung der Überschreitungen des Grenzwertes für PM10 im Winter

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			ORT						Über-schreitungen	Wetter-lage	Regen	Niederschlags-menge (l/m^2)
			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					1			
	Do	2.10.03		55,31		55,65			2	I	R	0,004
	Fr	3.10.03				50,39			1	I	R	0,66
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	0,039
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		
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		
	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		
	Do	27.11.03		53,79		55,83			2	I		
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		
6	Mi	17.12.03		78,91	52,89	85,32	63,10		4	I		
	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		
	Mo	22.12.03		56,08					1			
4	Do	25.12.03				66,04	57,45		2	I		
	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		
1	Mi	31.12.03					50,10		1			
Überschreitungen			14	35	20	39	37	2	43 Tage			
Prozent vom Grenzwert			130%	140%	128%	159%	156%	119%				

An **93 der beobachteten 204 Tage** ($\approx 46\%$) lag **Inversion** vor und an **48 dieser 93 Tage** ($\approx 52\%$) gab es **Grenzwertüberschreitungen** (siehe Tabellen 2 - 4). Nur an 14 der 111 Tage ($\approx 13\%$) ohne Inversion gab es ebenfalls Überschreitungen. **Dies weist eindeutig auf ein erhöhtes Risiko von Grenzwertüberschreitungen an Tagen mit Inversionswetterlage hin.**

An 10 Tagen mit Grenzwertüberschreitungen hat es auch geregnet. Der Regen konnte also die Höhe der PM10 Tagesmittelwerte nicht genügend reduzieren. Zu beachten ist dabei natürlich die Dauer und Menge des Regens am konkreten Tag und ob es sich um kurzfristige Regenfälle oder Regenperioden handelt, ebenso wie die Tatsache, dass der Niederschlag nur in Graz-Nord gemessen wurde.

REGENTAGE	
AM	AM
20.5.03 (2-6)	21.5.03 (1,2)
26.5.03 (4,6)	27.5.03 (6)
11.6.03 (5)	13.6.03 (4)
14.6.03 (5)	17.6.03 (2)
18.6.03 (5)	21.6.03 (3)
25.6.03 (3)	9.7.03 (5,6)
12.7.03 (5)	17.7.03 (5,6)
22.7.03 (6)	23.6.03 (1,4-6)
24.6.03 (2,6)	25.7.03 (1)
28.7.03 (5,6)	29.7.03 (1)
31.7.03 (4,5)	1.8.03 (2-5)
4.8.03 (4)	5.8.03 (4,5)
6.8.03 (4)	14.8.03 (3,4)
15.8.03 (6)	16.8.03 (2,6)
17.8.03 (1,5,6)	21.8.03 (4,5)
23.8.03 (2)	29.8.03 (1,4-6)
30.8.03 (1-3,5,6)	31.8.03 (1-5)
1.9.03 (5)	9.9.03 (3-6)
10.9.03 (1-3)	11.9.03 (4)
13.9.03 (6)	14.9.03 (1)
23.9.03 (6)	24.9.03 (1)
29.9.03 (3-6)	2.10.03 (5)
3.10.03 (5,6)	4.10.03 (1-3,6)
5.10.03 (1-6)	7.10.03 (6)
8.10.03 (1)	10.10.03 (2)
21.10.03 (4)	22.10.03 (1-5)
23.10.03 (4-6)	24.10.03 (1,2)
30.10.03 (5)	31.10.03 (6)

INVERSIONSWETTERLAGEN	
Graz Nord - Kalkleiten:	Graz Mitte - Kalkleiten:
24.5.03 - 26.5.03	25.5.03
10.6.03 - 12.6.03	10.7.03
16.6.03	5.8.03
19.6.03 - 20.6.03	13.8.03 - 14.8.03
22.6.03 - 24.6.03	27.9.03
4.8.03 - 6.8.03	2.10.03
8.8.03 - 14.8.03	7.10.03
17.8.03	10.10.03 - 11.10.03
21.8.03 - 22.8.03	26.10.03
26.8.03 - 27.8.03	3.11.03 - 5.11.03
29.8.03	15.11.03 - 26.11.03
4.9.03	6.12.03
11.9.03	9.12.03
16.9.03 - 23.9.03	12.12.03 - 14.12.03
25.9.03 - 30.9.03	17.12.03 - 21.12.03
2.10.03 - 3.10.03	25.12.03 - 28.12.03
7.10.03	
10.10.03 - 11.10.03	
17.10.03	
20.10.03	
26.10.03	
28.10.03	
31.10.03 - 1.11.03	
3.11.03 - 6.11.03	
15.11.03 - 28.11.03	
6.12.03	
8.12.03 - 9.12.03	
12.12.03 - 14.12.03	
17.12.03 - 21.12.03	
25.12.03 - 30.12.03	

Zeichenerklärung:

(1) 00.30 - 04.00
(2) 04.30 - 08.00

(3) 08.30 - 12.00
(4) 12.30 - 16.00

(5) 16.30 - 20.00
(6) 20.30 - 00.00

In Tabelle 4 sind die Sonntage unterstrichen und die Feiertage *kursiv* hervorgehoben. Regentage sind in der Datumsspalte mit R gekennzeichnet. Die Überschreitungen des Grenzwertes (Mittelwert und/oder Median) von 50 µg/m³ sind jeweils **fett** markiert.

Überschreitungen der Grenzwerte (Mittelwert oder Median) hat es an **62** verschiedenen Tagen gegeben, wobei **an 48 Tagen Inversionswetterlage** (Graz-Kalkleiten) herrschte (siehe **grau unterlegte** Werte). Die höchsten Tagesmittelwerte wurden bei Inversionswetterlage gemessen.

[Graz-Nord/Graz-Mitte = 86/119 µg/m³ (12.12.03), Graz-DB/Graz-Süd = 145/144 µg/m³ (27.12.03)]

Tabelle 4: Tagesmittelwerte

PM10 (µg/m³)			Ort									
			Graz-Nord		Graz-Mitte		Graz-Ost		Graz-DB		Graz-Süd	
			Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Datum	20.5.03	R	11,23	9,24	20,41	19,09	10,93	10,27	15,39	12,01	12,36	8,37
	21.5.03	R	13,59	12,30	24,21	25,76	14,52	13,73	19,79	21,41	17,70	17,61
	22.5.03		14,86	14,70	25,27	24,81	13,83	13,88	21,55	21,99	20,18	19,58
	23.5.03		15,84	15,31	28,91	31,03	20,94	17,34	26,94	21,42	26,03	25,11
	24.5.03		26,09	27,96	29,44	25,44	26,00	26,96	29,14	25,35	26,60	25,98
	<u>25.5.03</u>		33,94	34,31	36,09	37,86	31,87	31,60	34,75	35,20	35,06	37,21
	26.5.03	R	32,34	32,02	50,58	45,03	31,74	30,98	41,37	38,63	38,99	33,70
	27.5.03	R	24,20	22,31	35,17	38,69	25,28	24,19	35,43	36,72	30,34	33,03
	10.6.03		33,26	31,85	40,09	39,79	31,85	35,90	46,71	45,69	40,09	40,64
	11.6.03	R	39,90	37,72	52,63	44,25	42,83	36,19	52,61	42,55	48,19	47,79
	12.6.03		34,50	33,56	39,80	39,53	35,20	37,43	44,34	47,02	40,49	39,56
	13.6.03	R	33,64	34,97	44,06	47,99	36,26	37,42	45,09	43,27	42,38	41,66
	14.6.03	R	26,58	27,28	34,43	33,61	26,67	26,41	32,54	32,67	27,21	27,41
	<u>15.6.03</u>		17,39	16,72	20,63	21,55	15,75	16,26	19,63	20,81	15,93	17,04
	16.6.03		29,00	30,09	39,51	40,41	34,19	34,60	41,16	32,39	35,25	29,71
	17.6.03	R	33,10	30,56	34,41	30,47	31,27	29,64	41,64	38,11	34,10	31,92
	18.6.03	R	31,68	29,05	43,49	37,17	29,37	24,43	39,33	36,28	37,89	34,06
	19.6.03		23,80	26,06	24,23	23,02	19,93	22,30	27,91	29,08	29,22	30,94
	20.6.03		21,80	23,15	30,05	29,71	23,96	26,14	28,65	23,74	22,44	22,78
	21.6.03	R	21,14	20,18	18,18	15,73	17,67	16,53	23,64	22,79	21,95	19,76
	<u>22.6.03</u>		31,57	31,20	30,68	31,09	26,06	24,79	29,14	31,17	28,16	28,76
	23.6.03		32,31	30,19	41,58	39,15	33,44	34,09	38,67	35,24	35,81	34,84
	24.6.03		29,60	32,91	39,79	35,06	33,16	37,66	35,86	28,86	28,72	28,08
	25.6.03	R	28,65	32,10	33,48	29,88	33,54	29,06	35,85	26,06	42,15	41,04
	26.6.03		27,92	28,54	30,89	29,26	30,06	26,83	30,46	30,57	28,87	27,69
	27.6.03		25,66	22,43	34,34	32,74	26,34	21,98	31,06	30,78	25,77	26,09
	28.6.03		16,00	14,46	20,87	17,94	15,93	13,14	21,75	21,87	16,89	13,98
	<u>29.6.03</u>		20,42	21,13	22,35	20,25	17,23	16,24	23,17	22,76	20,95	22,73
	9.7.03	R	32,02	27,24	47,51	50,24	31,91	29,94	37,69	35,45	32,87	31,64
	10.7.03		23,87	23,76	36,97	38,23	24,72	29,72	35,02	31,81	29,58	29,26
	11.7.03		25,07	25,11	28,89	28,58	22,53	23,58	32,22	31,38	25,89	24,49
	12.7.03	R	26,01	19,81	36,20	32,38	26,46	21,54	30,97	30,90	24,23	23,77
	<u>13.7.03</u>		18,83	19,36	18,91	18,08	16,13	17,11	22,58	22,32	20,39	20,30
	14.7.03		18,33	18,04	23,08	20,88	15,61	16,13	24,31	23,06	20,20	20,71
	15.7.03		30,58	30,51	38,24	40,28	28,87	31,42	34,75	35,29	30,26	28,70
	16.7.03		47,26	47,49	55,02	57,52	44,19	46,98	50,30	53,54	42,69	43,31
	17.7.03	R	36,31	36,46	45,94	47,70	41,90	38,47	40,40	46,28	35,72	40,38
	18.7.03		10,39	10,07	19,48	21,08	10,13	11,25	16,38	18,12	11,78	11,84
	19.7.03		22,56	23,97	28,57	28,32	20,48	20,28	25,57	25,04	21,23	22,03
	<u>20.7.03</u>		21,12	22,86	23,54	23,59	19,90	19,69	23,49	25,86	22,24	23,53
	21.7.03		34,36	29,86	44,02	40,93	34,08	27,92	37,65	37,26	32,84	31,55
	22.7.03	R	34,05	26,50	35,66	27,88	29,60	24,58	35,16	34,62	28,80	29,31
	23.7.03		18,40	13,89	19,27	14,56	27,11	29,29	24,09	24,76	17,67	19,04
	24.7.03	R	28,77	31,79	29,08	27,35	22,92	22,13	29,04	30,23	23,10	23,78
	25.7.03	R	18,41	17,81	31,97	31,20	20,80	17,56	22,39	20,60	16,39	14,30
	26.7.03		23,06	25,65	30,20	32,02	18,70	19,23	24,17	24,54	21,80	20,91
	<u>27.7.03</u>		28,93	29,26	32,01	32,56	23,61	24,18	28,75	29,59	24,75	24,22
	28.7.03	R	18,77	17,83	27,39	29,09	19,68	20,29	24,18	23,69	18,31	15,01
	29.7.03	R	7,69	6,18	17,27	17,71	7,24	5,92	15,62	16,78	11,21	10,83
	30.7.03		27,79	29,18	37,52	38,86	25,33	20,48	30,90	28,78	27,45	26,17
	31.7.03	R	23,75	23,26	32,19	34,77	29,39	29,19	25,17	25,04	24,01	22,23

PM10 (µg/m³)			Ort									
			Graz-Nord		Graz-Mitte		Graz-Ost		Graz-DB		Graz-Süd	
			Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Datum	1.8.03	R	31,66	31,28	36,66	44,21	27,94	32,39	31,08	34,29	24,74	26,03
	2.8.03		33,83	33,36	37,81	34,14	28,22	28,32	32,03	30,41	29,59	30,33
	<u>3.8.03</u>		32,92	29,54	36,18	34,31	33,08	32,58	33,20	31,13	33,05	31,06
	4.8.03	R	48,31	50,05	57,03	56,04	64,15	61,11	47,93	42,66	46,08	42,84
	5.8.03	R	46,68	47,56	55,44	57,98	55,00	52,57	49,30	48,84	45,92	46,44
	6.8.03	R	51,39	50,94	63,94	63,59	57,56	59,52	59,33	53,47	51,88	52,51
	7.8.03		36,40	34,28	45,73	42,77	42,34	43,24	45,09	43,81	39,87	40,04
	8.8.03		36,62	33,93	46,10	40,00	44,16	43,68	44,62	41,21	44,47	43,82
	9.8.03		31,86	27,41	37,14	37,09	35,41	36,69	38,25	36,30	39,74	38,83
	<u>10.8.03</u>		33,20	32,13	33,18	32,34	32,19	31,67	32,47	32,26	30,37	28,54
	11.8.03		38,34	36,47	36,59	34,68	33,69	33,41	37,25	32,77	33,78	27,76
	12.8.03		36,44	37,90	39,22	41,54	37,45	38,60	41,84	43,01	32,44	32,98
	13.8.03		48,90	44,96	61,59	54,13	57,15	56,91	57,11	54,35	51,08	49,02
	14.8.03	R	63,12	59,35	58,76	50,13	47,18	40,31	51,62	41,63	46,16	39,92
	15.8.03	R	24,22	24,58	24,04	23,68	20,78	20,08	20,25	21,64	16,60	17,67
	16.8.03	R	28,82	29,47	24,14	27,02	22,30	22,74	23,21	21,54	18,32	19,22
	<u>17.8.03</u>	R	23,04	26,24	24,65	25,21	23,44	21,92	25,52	28,05	22,00	22,46
	18.8.03		30,32	34,84	36,38	35,39	33,48	36,20	35,09	31,85	32,96	35,71
	19.8.03		23,55	27,89	26,61	28,16	24,40	24,36	27,81	23,99	29,59	29,41
	20.8.03		25,65	27,85	29,71	29,83	28,86	26,80	30,16	26,69	28,61	28,59
	21.8.03	R	39,15	39,43	44,62	42,64	37,62	30,60	45,20	42,31	39,89	40,38
	22.8.03		29,76	29,48	35,87	39,36	36,68	40,36	38,06	37,71	34,55	35,93
	23.8.03	R	36,20	33,31	39,53	42,21	38,81	37,81	37,94	38,26	34,12	33,48
	<u>24.8.03</u>		28,44	29,59	25,30	26,23	25,85	24,73	30,30	29,88	26,94	25,80
	25.8.03		24,45	22,10	24,55	25,94	34,51	34,97	28,83	26,67	27,89	24,65
	26.8.03		27,66	26,80	32,75	32,60	27,35	26,54	37,38	37,97	34,76	35,03
	27.8.03		39,38	36,34	38,48	38,73	37,21	33,75	43,14	44,10	42,01	43,78
	28.8.03		42,59	35,51	41,71	40,39	39,18	37,89	41,06	35,68	34,21	33,78
	29.8.03	R	41,05	36,68	44,89	45,77	46,46	41,30	43,04	44,19	35,08	36,58
	30.8.03	R	19,97	12,39	17,48	16,46	10,56	8,76	,	,	9,92	9,54
	<u>31.8.03</u>	R	4,52	4,94	6,52	7,44	7,08	6,16	,	,	7,76	6,88
	1.9.03	R	19,38	14,78	21,65	19,52	24,34	23,76	30,86	27,31	15,79	13,83
	2.9.03		14,24	14,50	21,09	18,99	19,74	18,18	21,80	14,62	14,49	11,03
	3.9.03		13,55	9,94	18,65	19,28	17,67	19,49	21,39	20,53	18,49	17,46
	4.9.03		21,18	21,56	27,47	26,70	29,99	24,68	34,63	31,30	27,01	24,41
	5.9.03		25,82	25,09	26,67	25,25	25,91	26,64	31,40	32,02	38,70	32,11
	6.9.03		23,63	21,37	29,78	31,73	29,29	31,23	30,83	31,20	26,08	29,23
	<u>7.9.03</u>		26,58	26,36	30,81	28,92	33,52	33,41	35,21	33,67	30,91	30,43
	8.9.03		33,09	27,94	40,14	44,30	40,67	38,91	44,05	39,01	36,04	36,03
	9.9.03	R	42,93	41,52	55,89	55,65	46,00	46,18	50,38	45,38	42,35	41,58
	10.9.03	R	18,44	15,17	28,61	25,25	25,82	24,34	31,92	29,83	26,97	25,42
	11.9.03	R	21,13	23,92	32,42	29,76	27,83	22,66	39,19	31,99	29,23	27,77
	12.9.03		15,97	14,30	28,15	25,15	20,04	20,20	28,52	23,74	20,66	19,22
	13.9.03	R	18,83	17,42	21,75	22,19	17,92	18,78	19,70	18,46	14,33	14,66
	<u>14.9.03</u>	R	21,51	21,06	26,73	28,33	27,07	30,21	31,41	32,70	25,53	26,69
	15.9.03		29,81	29,58	37,41	36,88	34,47	31,14	42,23	39,33	36,53	34,82
	16.9.03		34,90	36,11	44,71	44,27	42,59	40,40	47,61	44,71	41,98	42,51
	17.9.03		34,11	34,78	42,47	43,96	42,21	37,07	50,08	45,67	47,20	41,98
	18.9.03		36,39	37,10	46,24	49,60	43,80	44,57	51,34	46,83	49,63	45,38
	19.9.03		48,41	49,11	61,21	61,04	60,35	63,34	60,09	64,27	57,83	62,98
	20.9.03		53,98	55,51	62,98	61,49	58,27	60,62	63,66	64,21	59,46	57,43
	<u>21.9.03</u>		53,79	53,02	51,08	52,91	60,23	59,45	59,29	60,36	55,00	54,59
	22.9.03		45,05	45,18	47,55	48,40	53,87	45,41	54,29	55,73	48,94	47,62
	23.9.03	R	38,72	35,70	42,77	42,54	45,08	48,78	41,35	37,01	38,35	37,60
	24.9.03	R	13,31	14,36	25,75	25,82	15,88	14,35	22,64	24,56	14,66	15,05
	25.9.03		19,39	19,66	28,42	30,39	20,18	22,19	32,06	30,48	24,70	24,02
	26.9.03		27,72	28,24	37,83	42,24	30,28	32,45	41,04	45,01	34,35	35,47
	27.9.03		34,30	35,37	40,12	41,77	33,88	34,33	38,86	40,78	34,47	36,01
	<u>28.9.03</u>		30,78	32,05	36,97	38,20	31,41	32,70	36,29	37,94	33,41	33,58
	29.9.03	R	27,08	25,51	42,04	39,12	27,78	27,35	38,25	32,74	29,76	27,68
	30.9.03		24,82	25,43	35,46	41,43	25,91	26,83	44,32	47,34	26,84	26,40

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			

3. ANALYSEN FÜR GRAZ-NORD UND GRAZ-MITTE

3.1 Explorative Analysen für Graz-Nord im Sommer

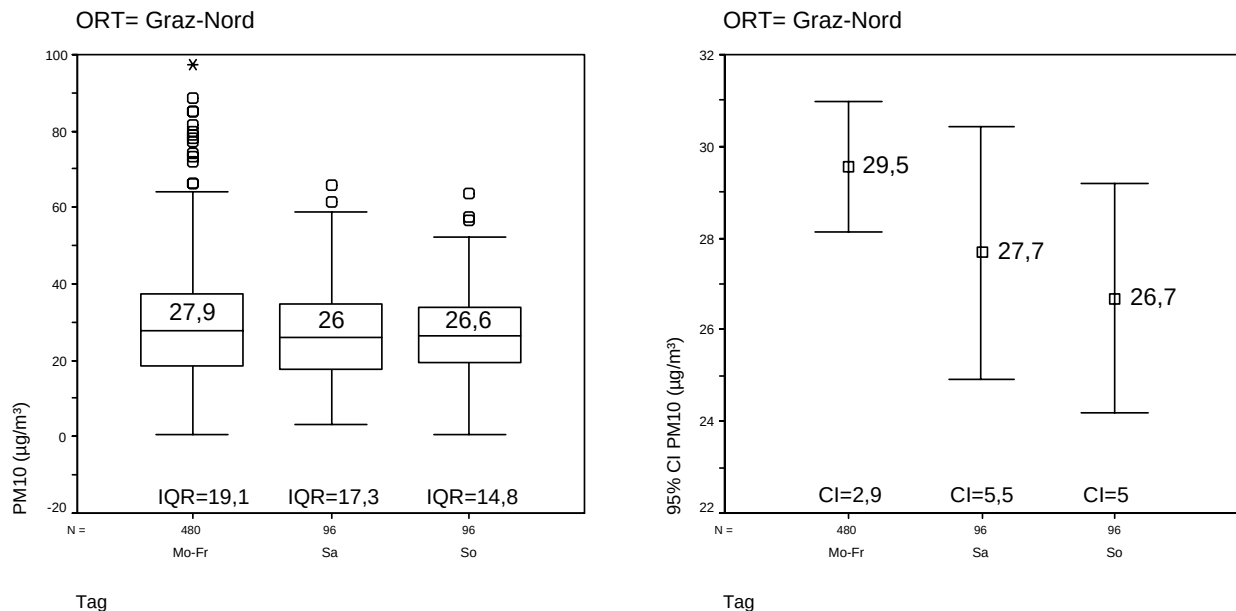


Diagramm 11: Boxplot und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende in Graz-Nord im Sommer

Für den Messort Graz-Nord standen uns neben den Feinstaubwerten, der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte zusätzlich auch Niederschlagsmessungen und Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung zur Verfügung (siehe Tabelle 1).

Die 4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte am Sonntag liegen im Sommer im Mittel bei ca. **95% (90%)** der Werte an Wochentagen. Die Werte am Samstag sind bei ca. 93% der Wochentagswerte.

Boxplot: $(26,6/27,9) \cdot 100 = 95,3 \%$ {Wochentage – Sonntage}

Fehlerbalken: $(26,7/29,5) \cdot 100 = 90,5 \%$ {Wochentage – Sonntage}

IQR ist der interquartile Bereich, der graphisch durch die Box dargestellt ist. Die Box enthält die zentralen 50% der Daten, vom 25%-Perzentil bis zum 75%-Perzentil. Z.B. hat man in der Kategorie Mo - Fr ein 25%-Perzentil von 18,5 µg/m³ und ein 75%-Perzentil von 37,6 µg/m³, was einen IQR von 37,6 - 18,5 = 19,1 ergibt.

CI ist die Länge des 95%-Konfidenzintervalls für den Mittelwert. Z.B. hat man in der Kategorie Mo - Fr ein 95%-Konfidenzintervall für den 4-Stunden-Mittelwert von 29,5 +/- 1,45.

Betrachtet man im Sommer nur den kritischen Zeitraum von 4:30 - 20:00 Uhr, dann kann man im Mittel am Sonntag eine Reduktion der 4-Stunden-Mittelwerte (Fehlerbalken) auf ca. **80%** der Werktagswerte beobachten, während sich in den Zeiträumen von 0:30 - 4:00 Uhr und 20:30 - 0:00 Uhr eine Reduktion auf nur ca. **95%** ergibt. Die 4-Stunden-Mediane (Boxplotserie) zeigen im Zeitraum von 0:30 - 16:00 Uhr eine Reduktion auf ca. **90%**. Im Zeitraum von 16:30 - 0:00 Uhr entspricht das Niveau der Sonntagswerte ungefähr dem Niveau der Werktagswerte.

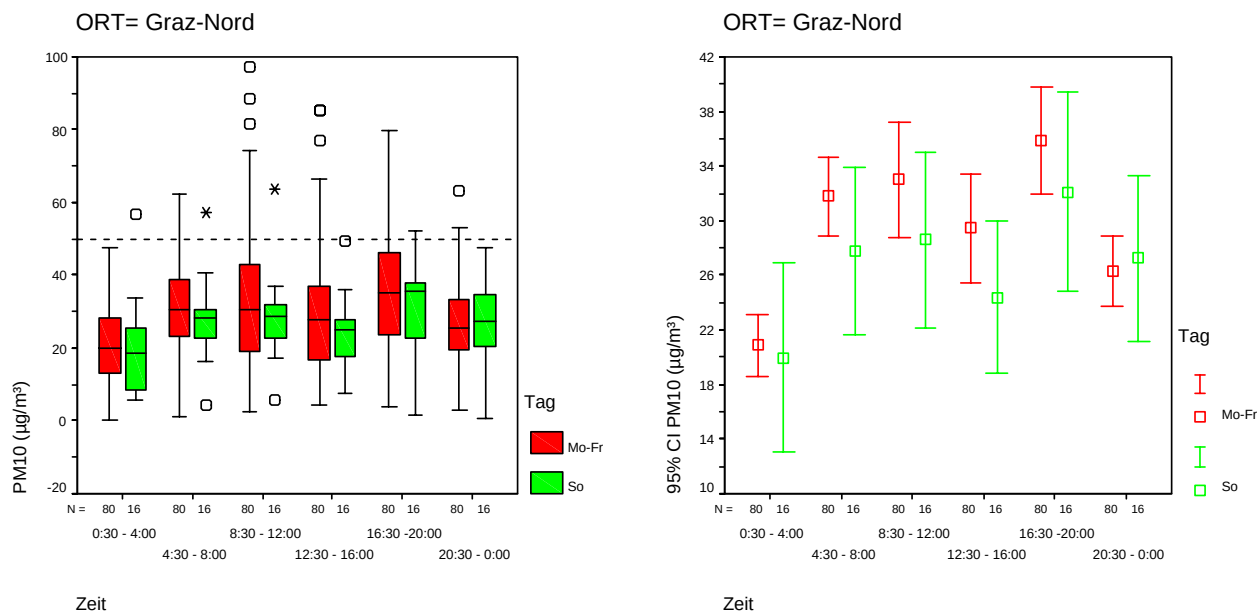


Diagramm 12: Boxplotserie und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Sommer

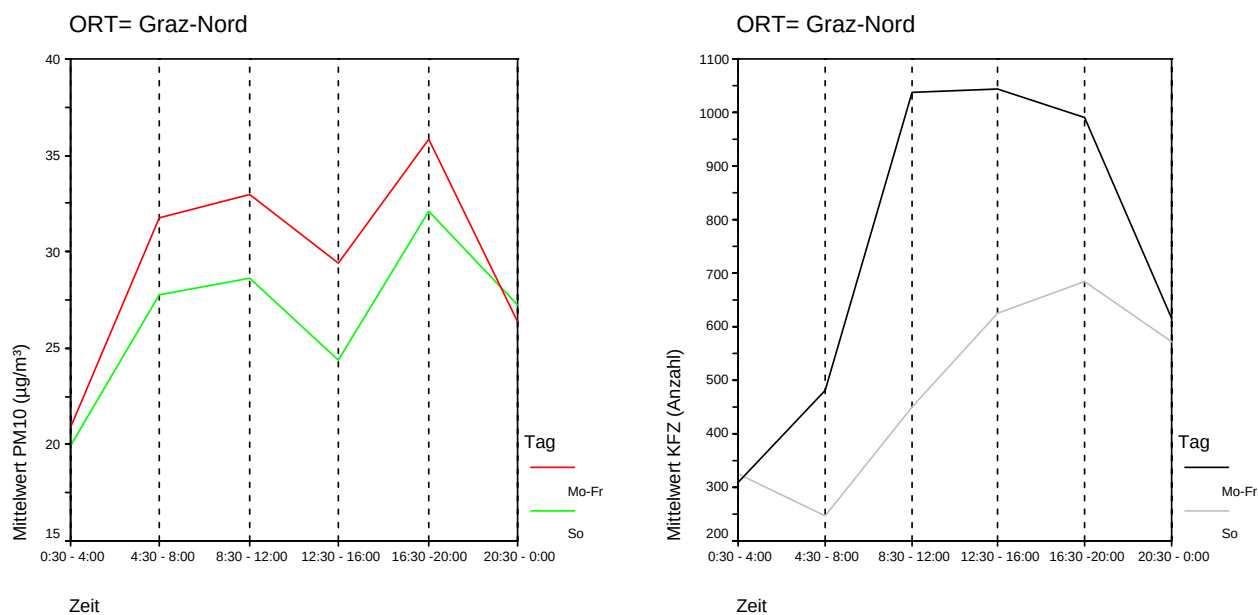


Diagramm 13: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Sommer

3.2 Explorative Analysen für Graz-Nord im Winter

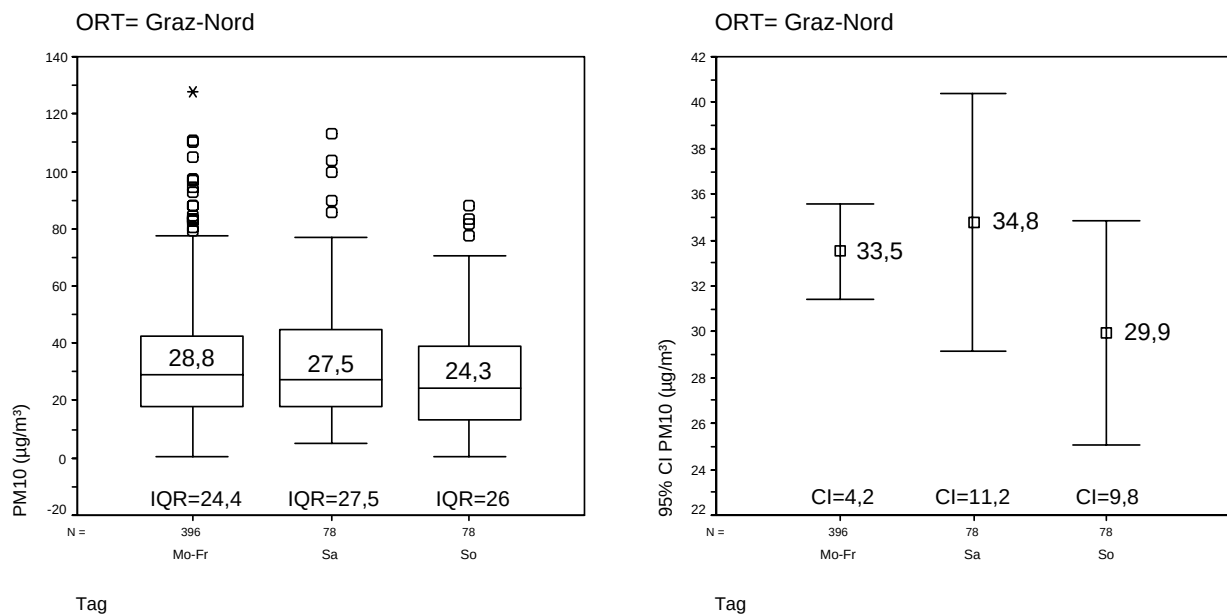


Diagramm 14: Boxplot und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende in Graz-Nord im Winter

Die 4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte am Sonntag liegen im Winter im Mittel bei ca. **85% (90%)** der Werte an Wochentagen.

Boxplot: $(24,3/28,8)*100 = 84,4 \%$ {Wochentage – Sonntage}

Fehlerbalken: $(29,9/33,5)*100 = 89,3 \%$ {Wochentage – Sonntage}

Betrachtet man im Winter die Zeiträume von 4:30 - 12:00 Uhr und 20:30 - 0:00 Uhr, dann kann man im Mittel am Sonntag eine Reduktion der 4-Stunden-Mittelwerte (Fehlerbalken) auf ca. **90%** der Werktagswerte beobachten, im Zeitraum 16:30 - 20:00 Uhr eine Reduktion auf **70%**, während in den Zeiträumen von 0:30 - 4:00 Uhr und 12:30 - 16:00 Uhr sich sogar eine Erhöhung ergibt. Die 4-Stunden-Mediane (Boxplotserie) zeigen im Zeitraum von 4:30 - 20:00 Uhr eine Reduktion auf ca. **70-80%**, im Zeitraum von 20:30 - 0:00 Uhr eine Reduktion auf nur ca. **90%** und im Zeitraum von 0:30 - 4:00 Uhr ist das Niveau der Sonntagswerte sogar über **100%** der Werktagswerte.

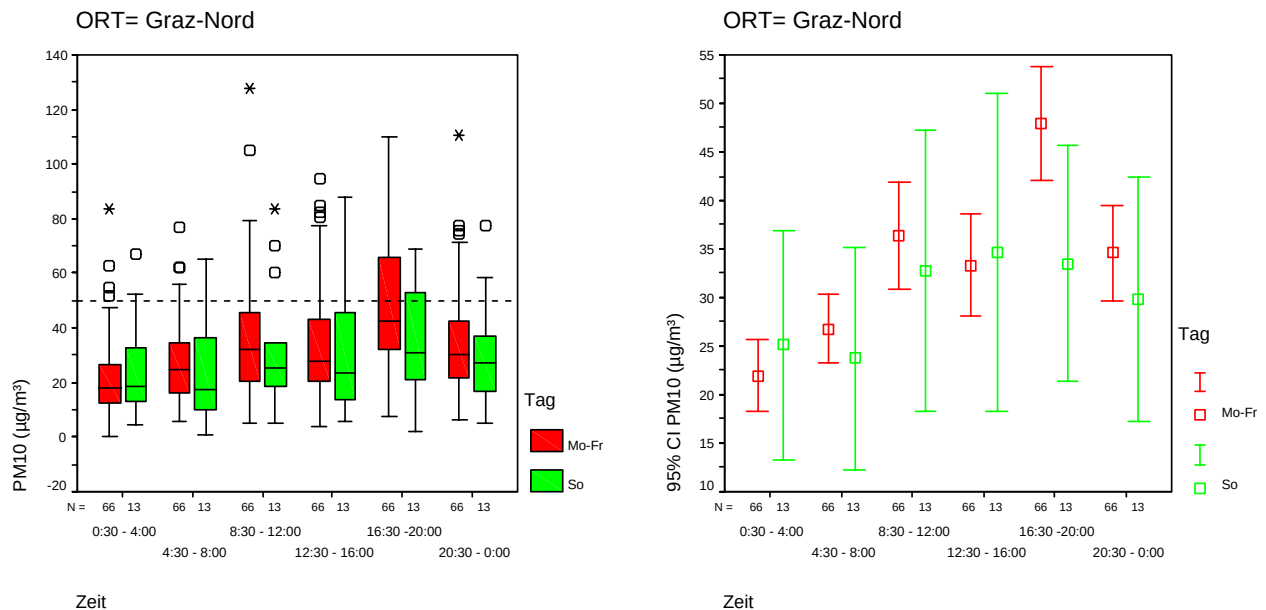


Diagramm 15: Boxplotserie und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Winter

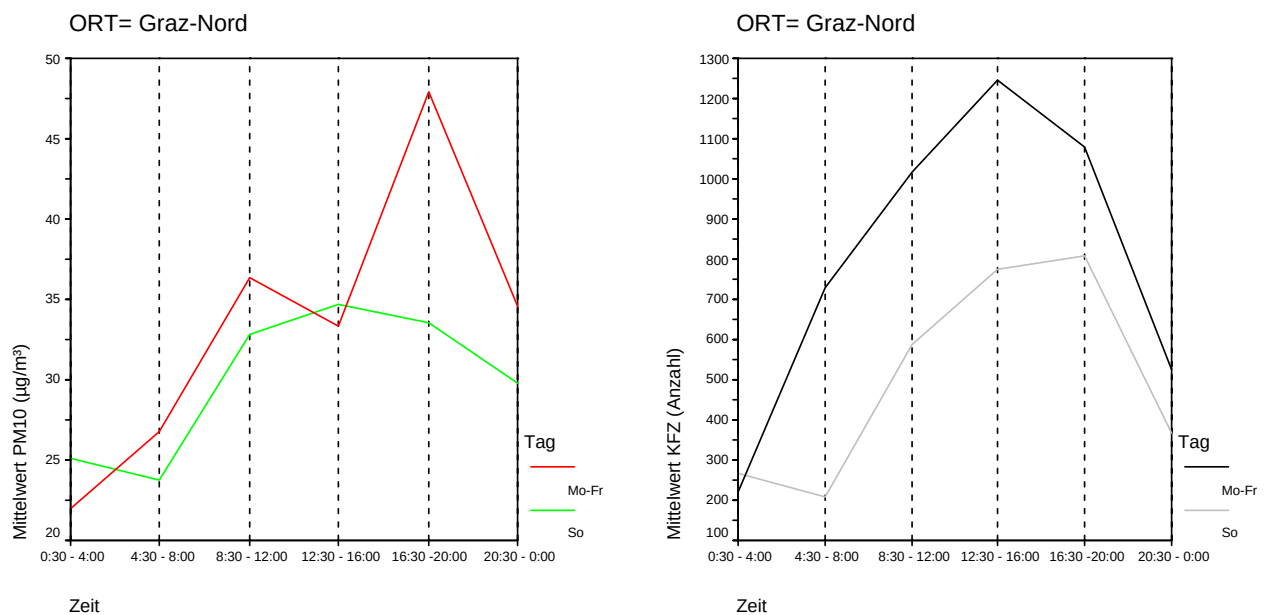


Diagramm 16: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Winter

3.3 Explorative Analysen für Graz-Mitte im Sommer

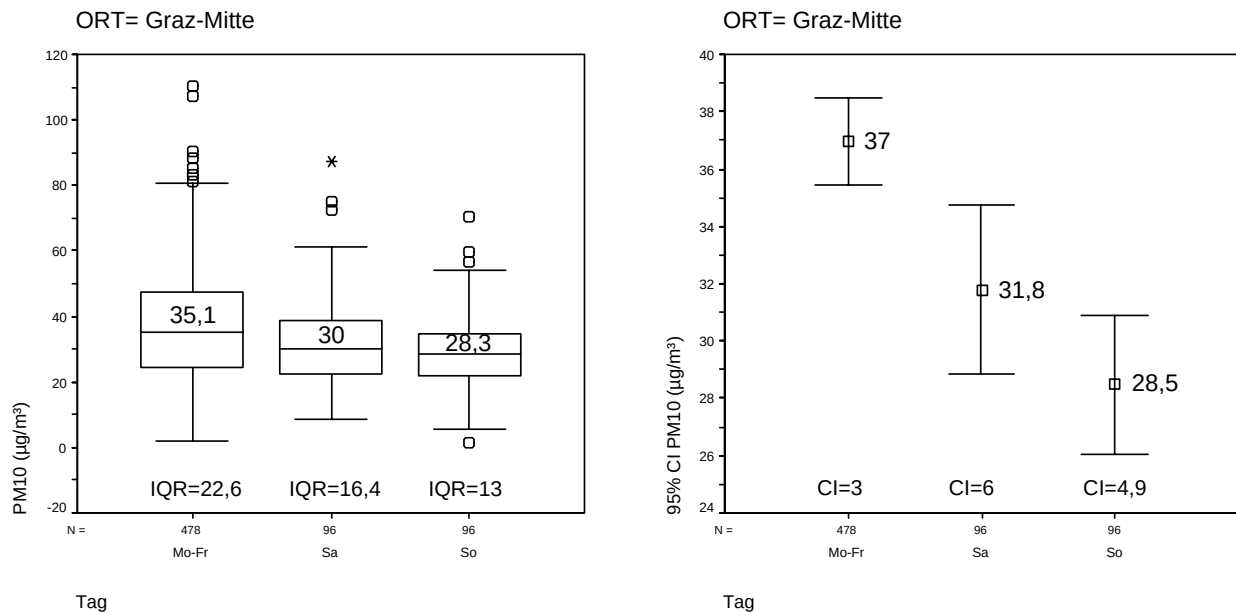


Diagramm 17: Boxplot und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende in Graz-Mitte im Sommer

Für den Messort Graz-Mitte standen uns neben den Feinstaubwerten, der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte zusätzlich auch Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung (Oeverseepark) zur Verfügung.

Die 4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte am Sonntag liegen im Sommer im Mittel bei ca. **80% (77%)** der Werte an Wochentagen. Die Werte am Samstag sind bei ca. 85% der Wochentagswerte.

Boxplot: $(28,3/35,1) \cdot 100 = 80,6 \%$ {Wochentage – Sonntage}

Fehlerbalken: $(28,5/37,0) \cdot 100 = 77,0 \%$ {Wochentage – Sonntage}

IQR ist der interquartile Bereich, der graphisch durch die Box dargestellt ist. Die Box enthält die zentralen 50% der Daten, vom 25%-Perzentil bis zum 75%-Perzentil. Z.B. hat man in der Kategorie Mo – Fr ein 25%-Perzentil von 24,6 µg/m³ und ein 75%-Perzentil von 47,2 µg/m³, was einen IQR von $47,2 - 24,6 = 22,6$ ergibt.

CI ist die Länge des 95%-Konfidenzintervalls für den Mittelwert. Z.B. hat man in der Kategorie Mo - Fr ein 95%-Konfidenzintervall für den 4-Stunden-Mittelwert von $37 \pm 1,5$.

Betrachtet man im Sommer nur den kritischen Zeitraum von 4:30 - 20:00 Uhr, dann kann man im Mittel am Sonntag eine Reduktion der 4-Stunden-Mittelwerte (Fehlerbalken) auf ca. **65%** der Werktagswerte beobachten, im Zeitraum von 20:30 - 0:00 Uhr lässt sich eine Reduktion auf ca. **85%** feststellen, während in der Nachtperiode 0:30 - 4:00 Uhr sogar ein höheres Niveau wie am Werktag zu registrieren ist. Die 4-Stunden-Mediane (Boxplotserie) zeigen im Zeitraum von 4:30 - 12:00 Uhr eine Reduktion auf ca. **65%**, von 12:30 - 20:00 Uhr auf ca. **80%**, von 20:30 - 0:00 Uhr auf nur mehr ca. **90%** und von 0:30 - 4:00 Uhr sogar eine Erhöhung der Sonntagswerte. Die mittlere Verkehrsfrequenz am Sonntag ist in diesem Zeitraum auch höher als an Werktagen (Diagramm 19).

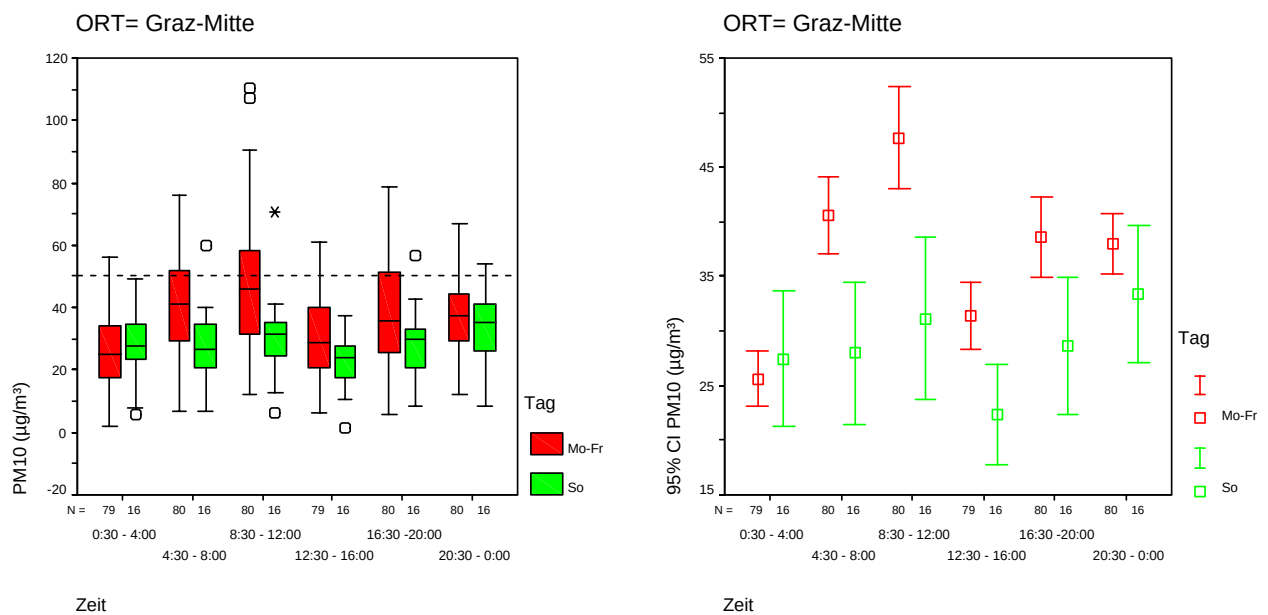


Diagramm 18: Boxplotserie und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Sommer

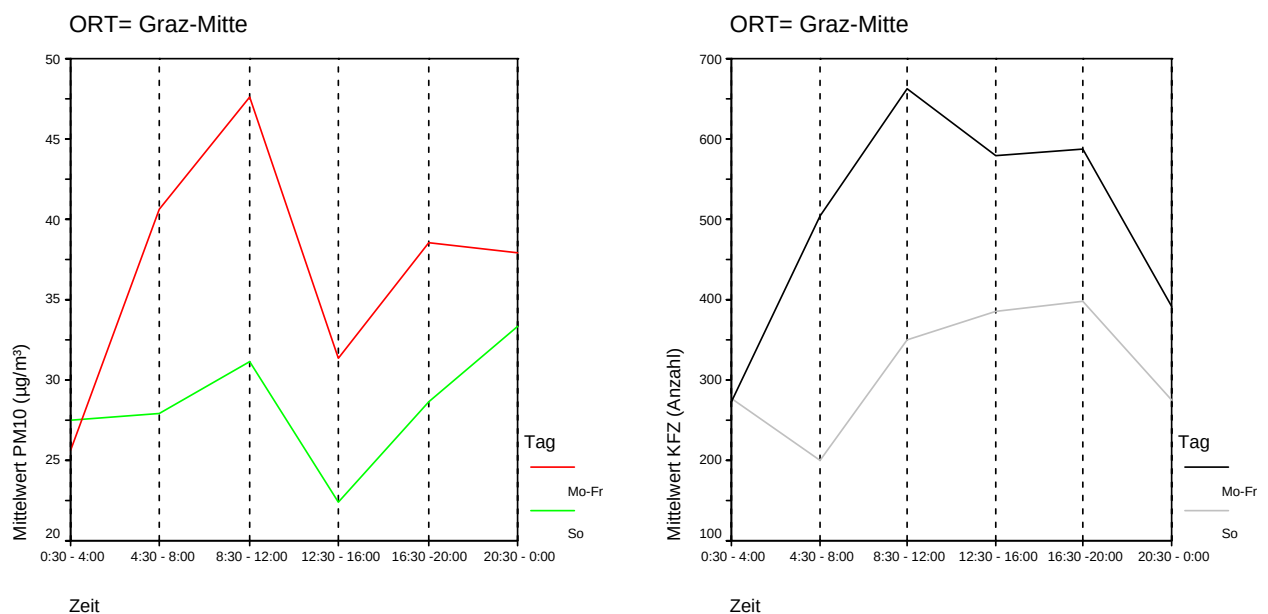


Diagramm 19: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Sommer

3.4 Explorative Analysen für Graz-Mitte im Winter

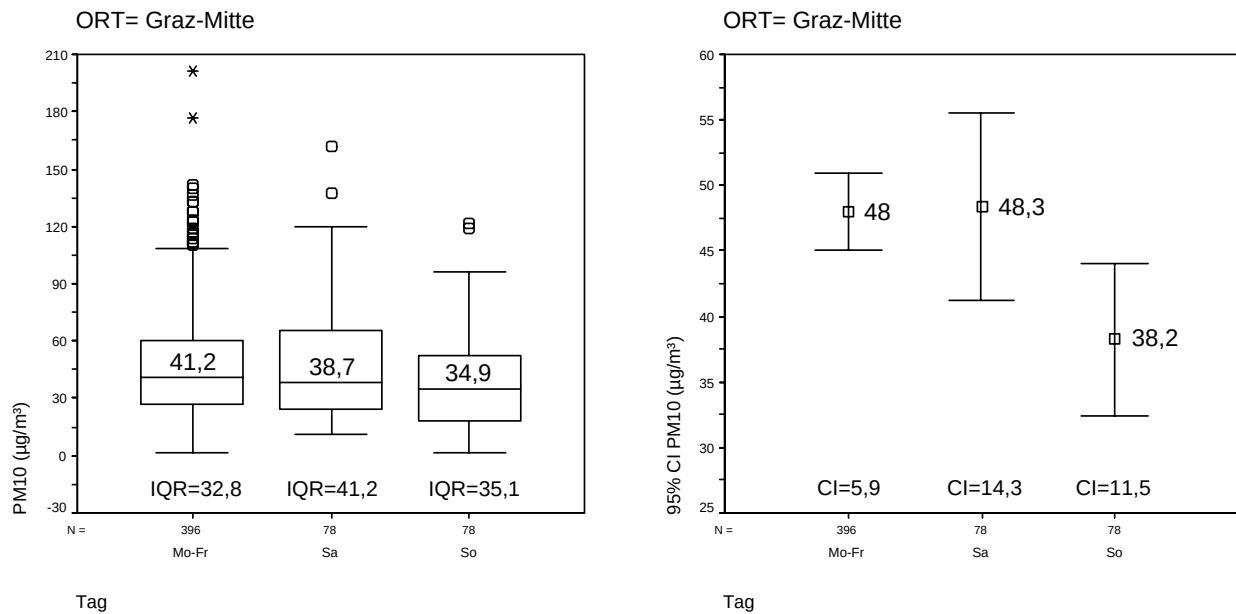


Diagramm 20: Boxplot und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende in Graz-Mitte im Winter

Die 4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte am Sonntag liegen im Winter im Mittel bei ca. **85% (80%)** der Werte an Wochentagen.

Boxplot: $(34,9/41,2) \cdot 100 = 84,7 \%$ {Wochentage – Sonntage}

Fehlerbalken: $(38,2/48,0) \cdot 100 = 79,6 \%$ {Wochentage – Sonntage}

Betrachtet man im Winter die Zeiträume von 4:30 - 8:00 Uhr und 16:30 - 0:00 Uhr, dann kann man im Mittel am Sonntag eine Reduktion der 4-Stunden-Mittelwerte (Fehlerbalken) auf ca. **70-75%** der Werktagswerte beobachten, von 8:30 - 12:00 Uhr eine Reduktion auf ca. **65%**, von 12:30 - 16:00 Uhr eine Reduktion auf ca. **95%**, während in der Nachtperiode 0:30 - 4:00 Uhr sogar ein höheres Niveau wie am Werktag zu registrieren ist. Die 4-Stunden-Mediane (Boxplotserie) zeigen im Zeitraum von 4:30 - 12:00 Uhr eine Reduktion auf ca. **60%**, von 12:30 - 0:00 Uhr auf ca. **75%** und von 0:30 - 4:00 Uhr sogar eine Erhöhung der Sonntagswerte auf ca. **135%**. Die mittlere Verkehrsfrequenz am Sonntag ist in diesem Zeitraum auch höher als an Werktagen (Diagramm 22).

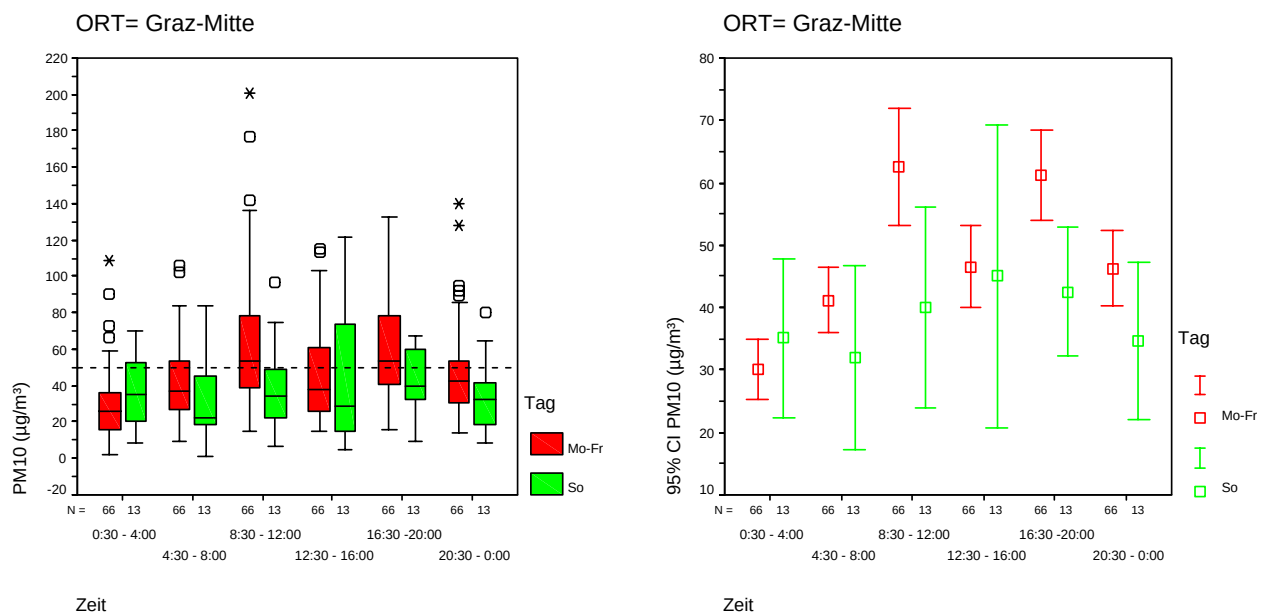


Diagramm 21: Boxplotserie und Fehlerbalken der 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Winter

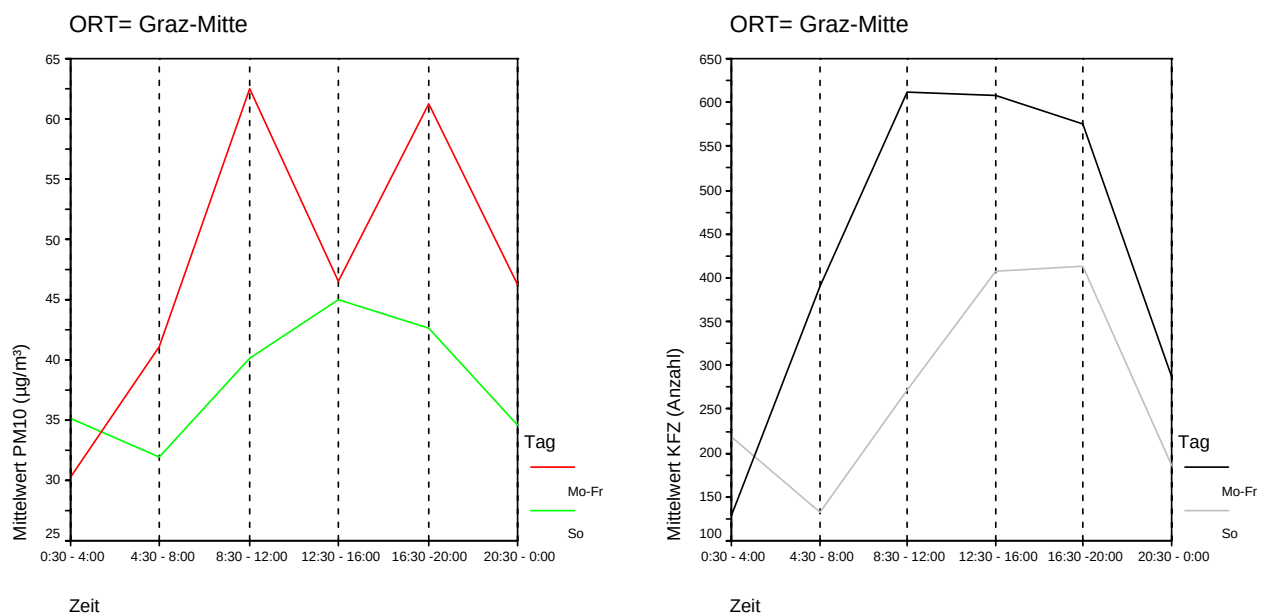


Diagramm 22: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Winter

4. QUANTIFIZIERUNG DER EINFLUSSGRÖSSEN

Jetzt wollen wir uns weiteren bekannten Einflussgrößen zuwenden und versuchen deren Einflüsse zu quantifizieren.

Welche Messgrößen stehen zur Verfügung?

Parameter	Messgröße	Einheit
Verkehr	KFZ-Daten (Umweltamt) → Siehe Anhang!	KFZ in %
Lufttemperatur	<i>Temperatur</i>	T in °C
Luftfeuchte	<i>relative Luftfeuchte</i>	RLF in %
Niederschlag	<i>Regen</i> in Graz-Nord	NS in l/m ²
Wind	<i>mittlere Windgeschwindigkeit</i> <i>Spitzengeschwindigkeit</i>	MWG in m/s SPG in m/s
Inversionswetter	<i>Temperaturdifferenzen</i> Graz – Schloßberg (TD1) Schloßberg - Kalkleiten (TD2) Kalkleiten - Schöckl (TD3)	TD in °C

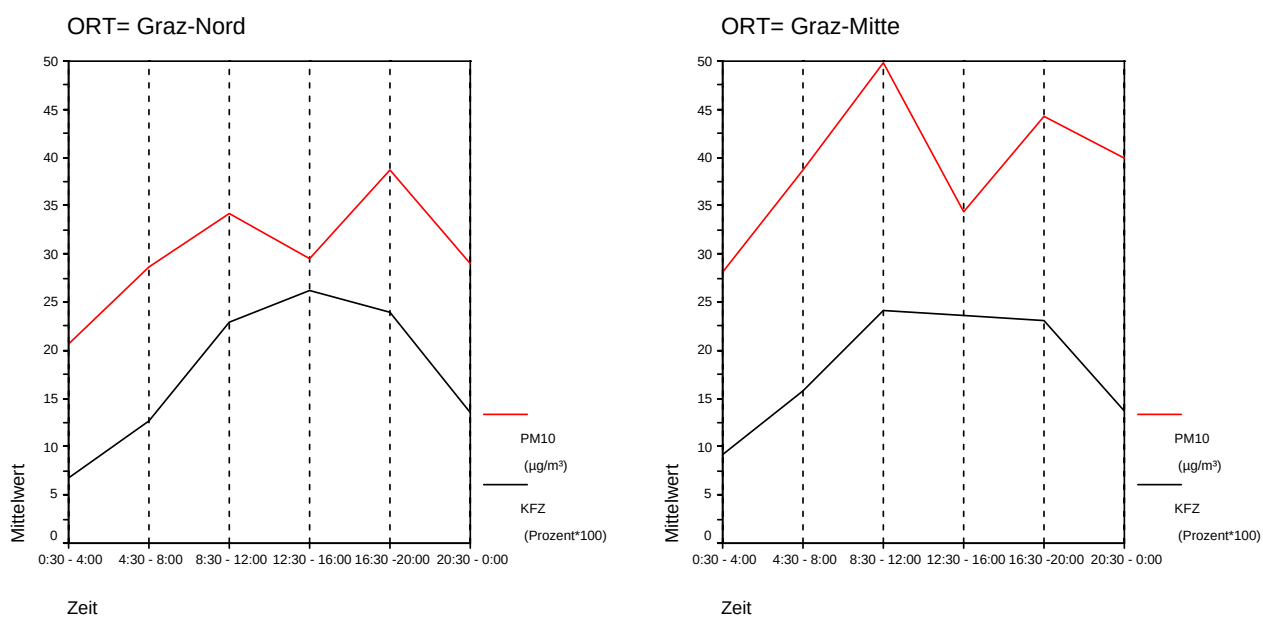


Diagramm 23: Liniendiagramm PM10 und Kfz (%) 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord und Graz-Mitte in allen Zeiträumen

Sommer

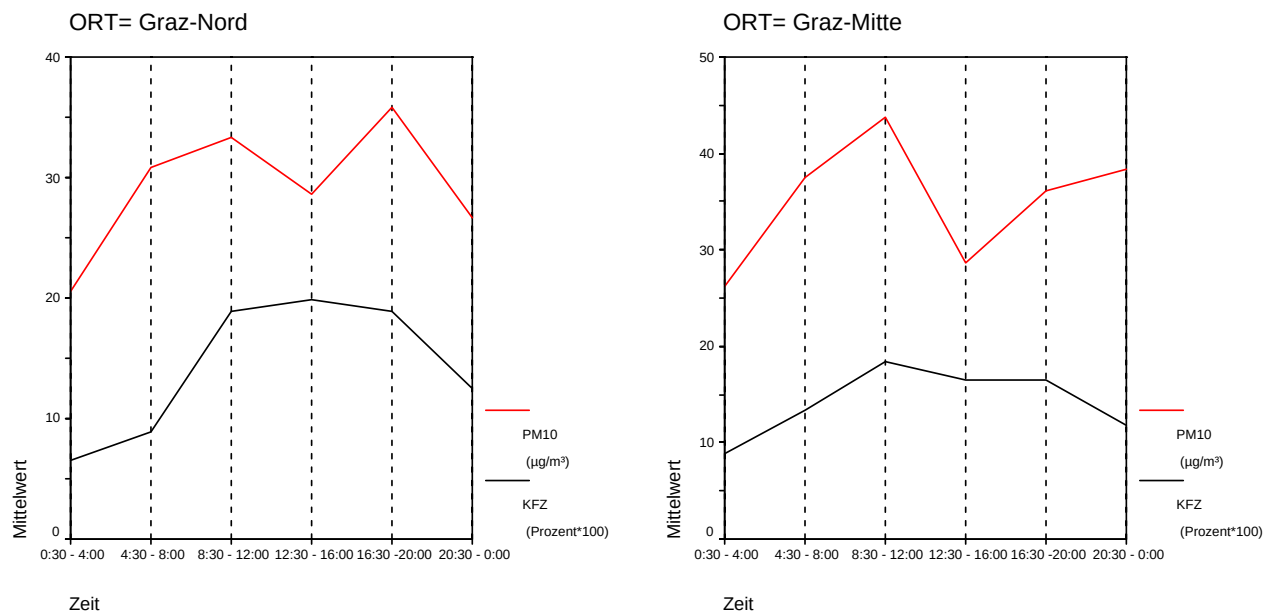


Diagramm 23: Liniendiagramm PM10 und Kfz (%) 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord und Graz-Mitte im Sommer

Winter

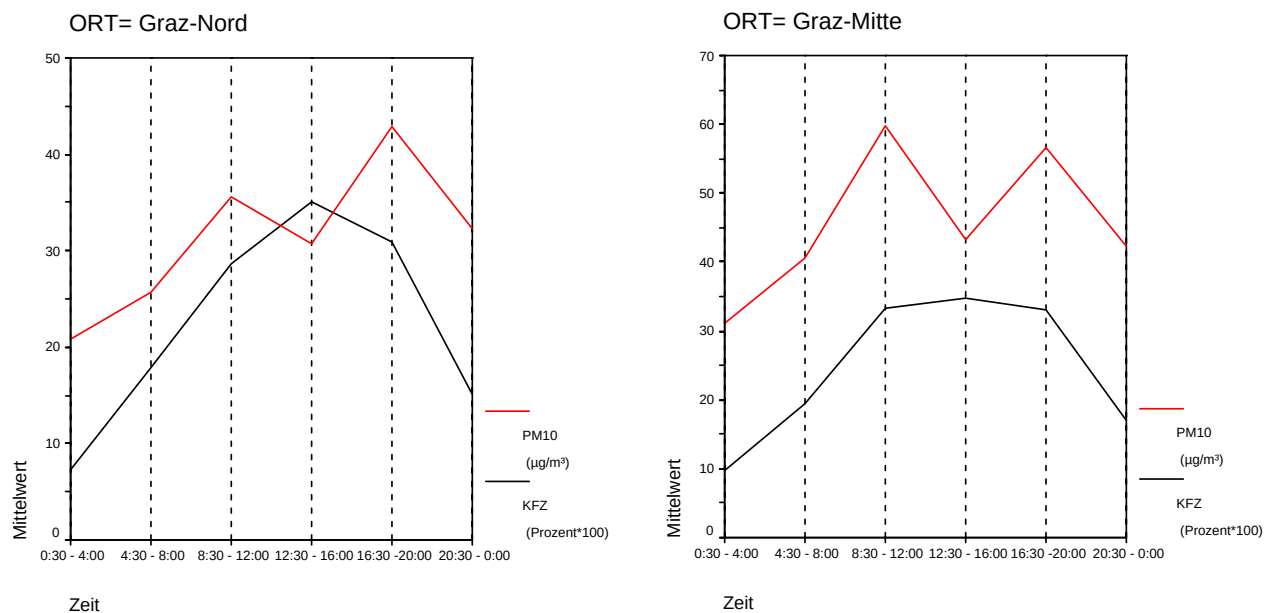


Diagramm 23: Liniendiagramm PM10 und Kfz (%) 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord und Graz-Mitte im Winter

4.1 Analysen für Graz-Nord

4.1.1 Einfluss des Niederschlags und des Windes

Schon ab einem Niederschlag von nur 0,2 l/m² ist eine Tendenz zur Reduktion des Feinstaubs im Mittel und in der Variabilität zu erkennen. Die mittlere Windgeschwindigkeit scheint sich nicht so stark auszuwirken. Ab 1 m/s ist aber eine Reduktion beobachtbar.

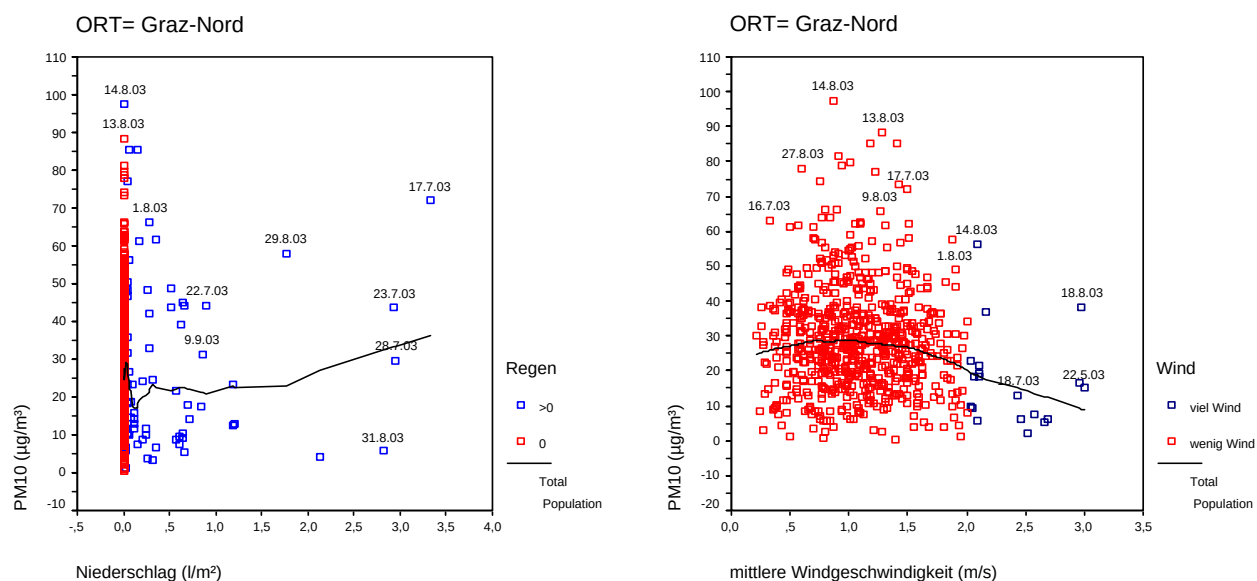


Diagramm 25: Scatterplots der PM10 und Niederschlags/Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord im Sommer

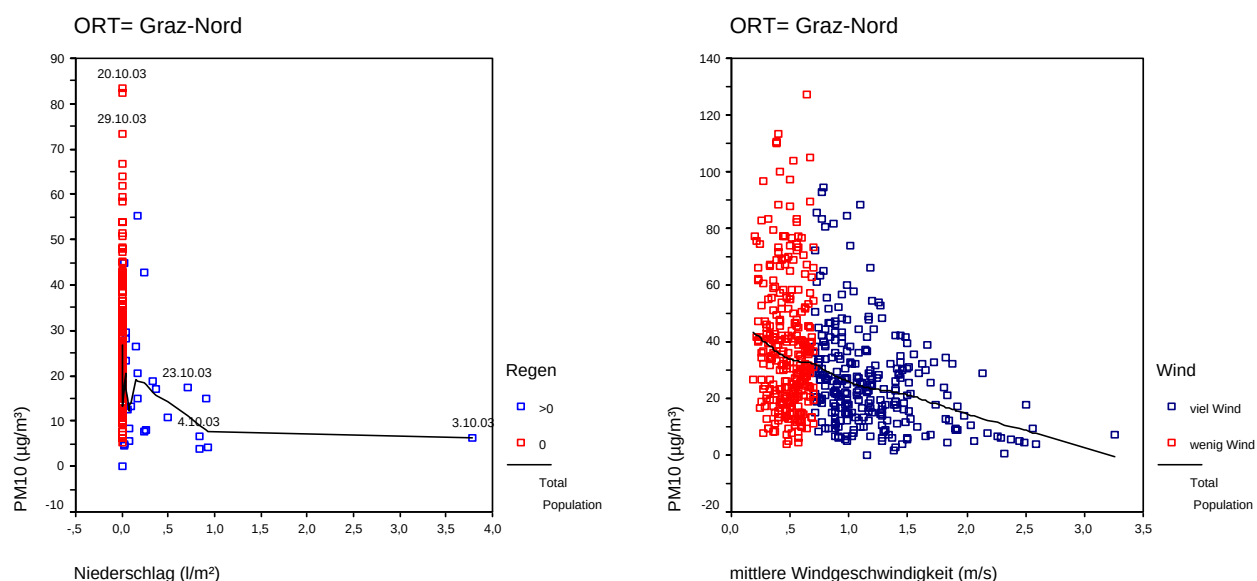


Diagramm 26: Scatterplots der PM10 und Niederschlags/Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord im Winter

In den Diagrammen 27 & 28 erkennt man die leicht zeitverschobenen Einflüsse des Niederschlags und des Windes auf die Feinstaubwerte.

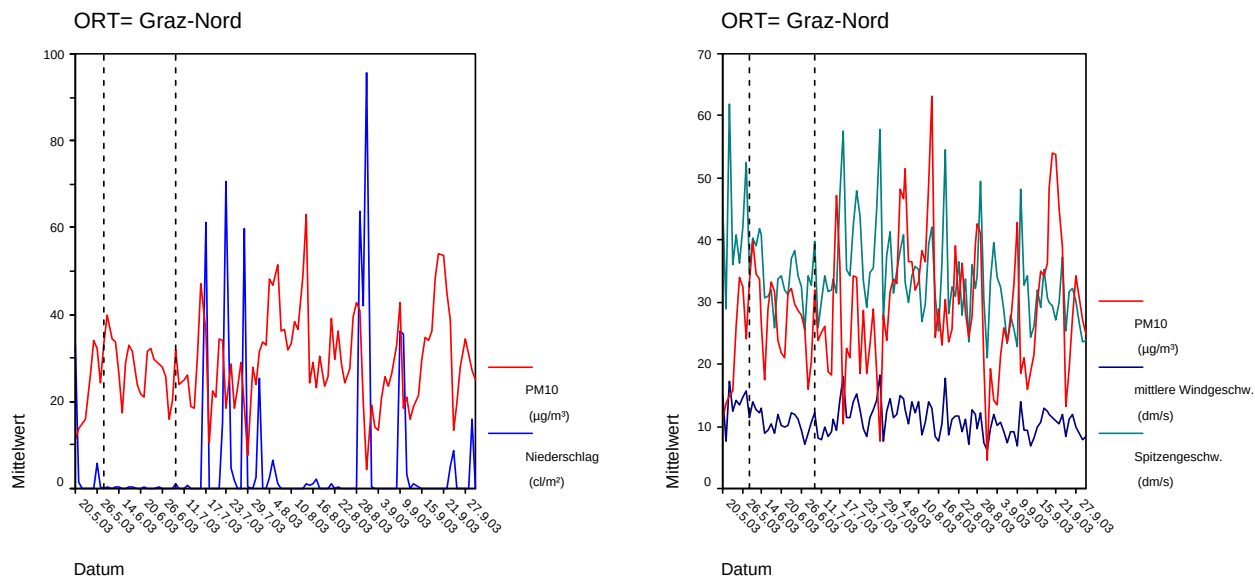


Diagramm 27: Liniendiagramm der PM10 und Niederschlags/Wind Tagesmittelwerte in Graz-Nord im Sommer

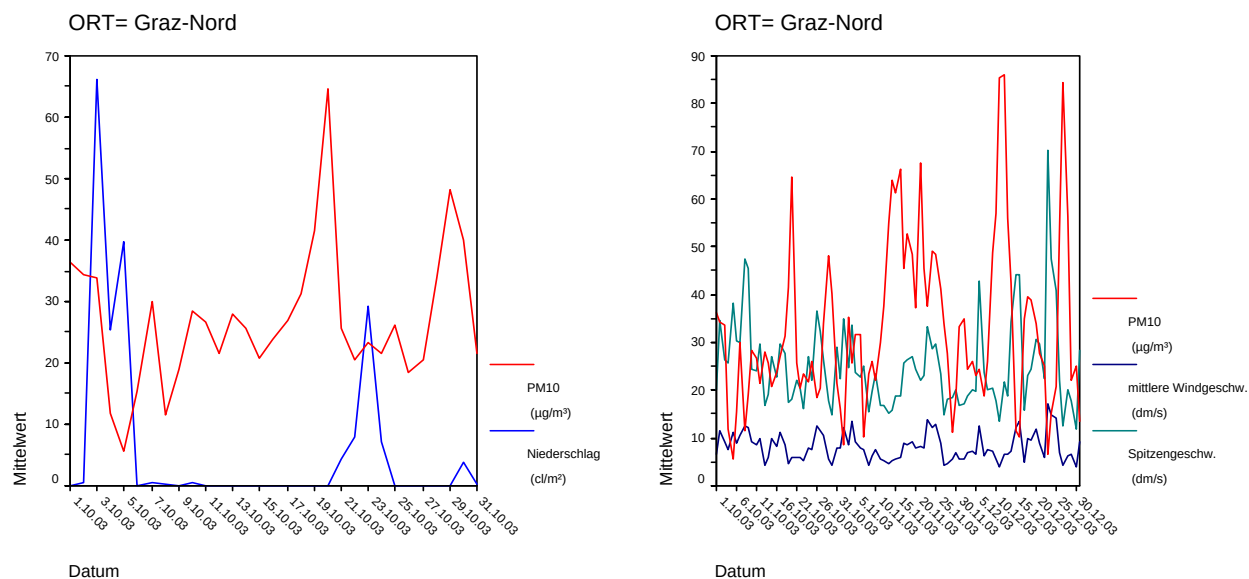


Diagramm 28: Liniendiagramm der PM10 und Niederschlags/Wind Tagesmittelwerte in Graz-Nord im Winter

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 86,1 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (12.12.03)	&	$\bar{x}_{\min} = 4,5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (31.8.03)
Niederschlag:	$\bar{x}_{\max} = 0,96 \text{ l} / \text{m}^2$ (31.8.03)		
Windgeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 1,8 \text{ m} / \text{s}$ (18.7.03)	&	$\bar{x}_{\min} = 0,6 \text{ m} / \text{s}$ (31.8.03)

Sommer

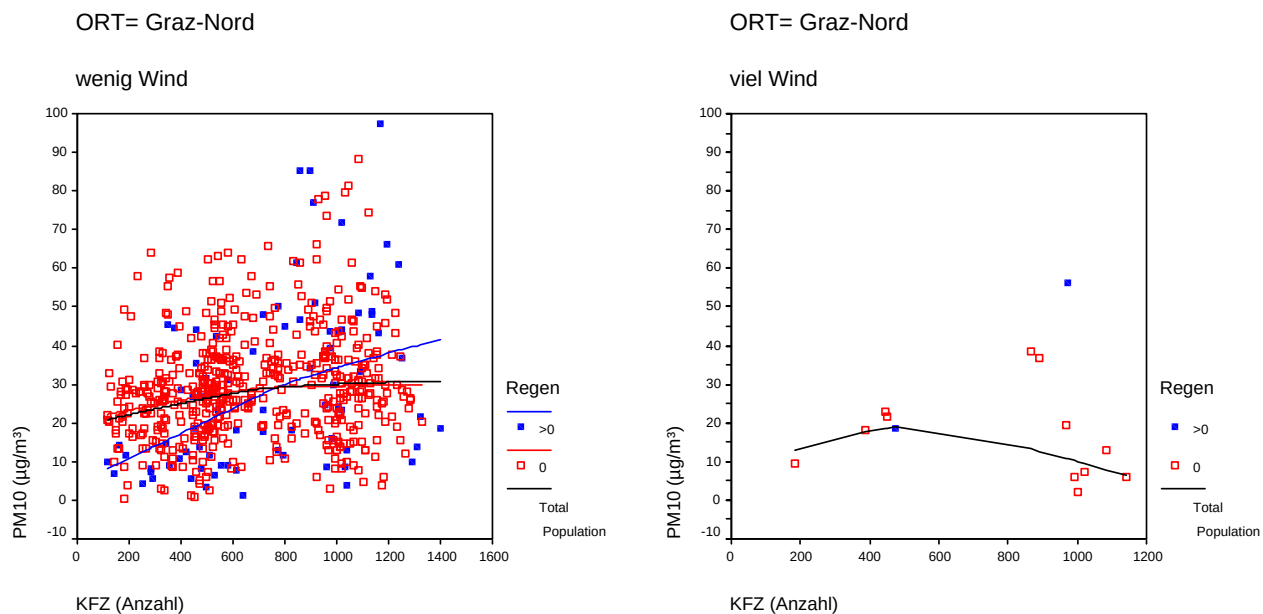


Diagramm 29: Scatterplots der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte ohne/mit Wind in Graz-Nord im Sommer

Winter

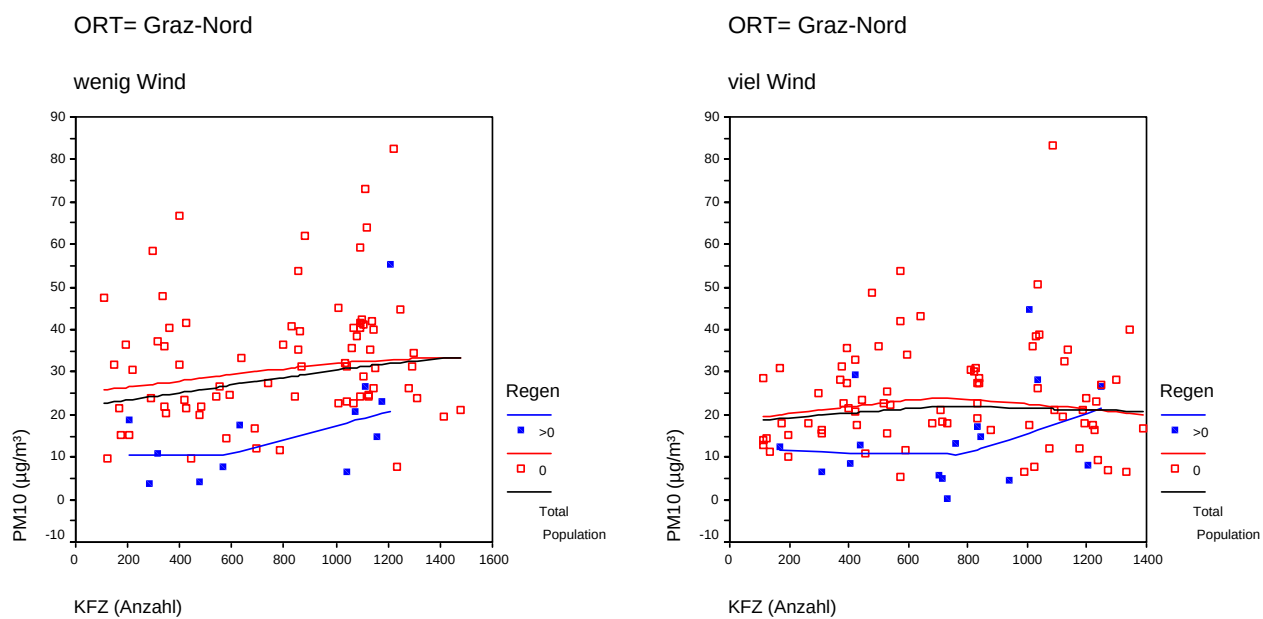


Diagramm 30: Scatterplots der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte ohne/mit Wind in Graz-Nord im Winter

Tabelle 5: PM10-4-Stunden-Mittelwerte nach Regenkategorien in Graz-Nord im Sommer**Bericht**

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Tag	Regenkategorien	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung
Mo-Fr	0	29,22	27,95	413	14,61
	>0	31,56	24,58	67	22,54
	Insgesamt	29,55	27,93	480	15,95
Sa	0	27,97	26,08	84	13,54
	>0	25,66	22,68	12	14,90
	Insgesamt	27,68	26,08	96	13,66
So	0	28,28	27,48	87	11,31
	>0	11,31	7,38	9	11,92
	Insgesamt	26,69	26,63	96	12,35
Insgesamt	0	28,90	27,84	584	14,01
	>0	28,68	23,22	88	21,57
	Insgesamt	28,87	27,55	672	15,19

Zu bemerken ist, dass im Sommer die 4-Stunden-Mittelwerte bei Regen an Werktagen sogar etwas höher sind als an regenfreien Tagen und die Mediane nur leicht erniedrigt sind. An Samstagen und Sonntagen wirkt sich der Regen hingegen positiv aus. Bei der Betrachtung ist auch der verstärkte Einfluss der Inversionswetterlage zu berücksichtigen, die oft in Verbindung mit leichtem Regen auftrat.

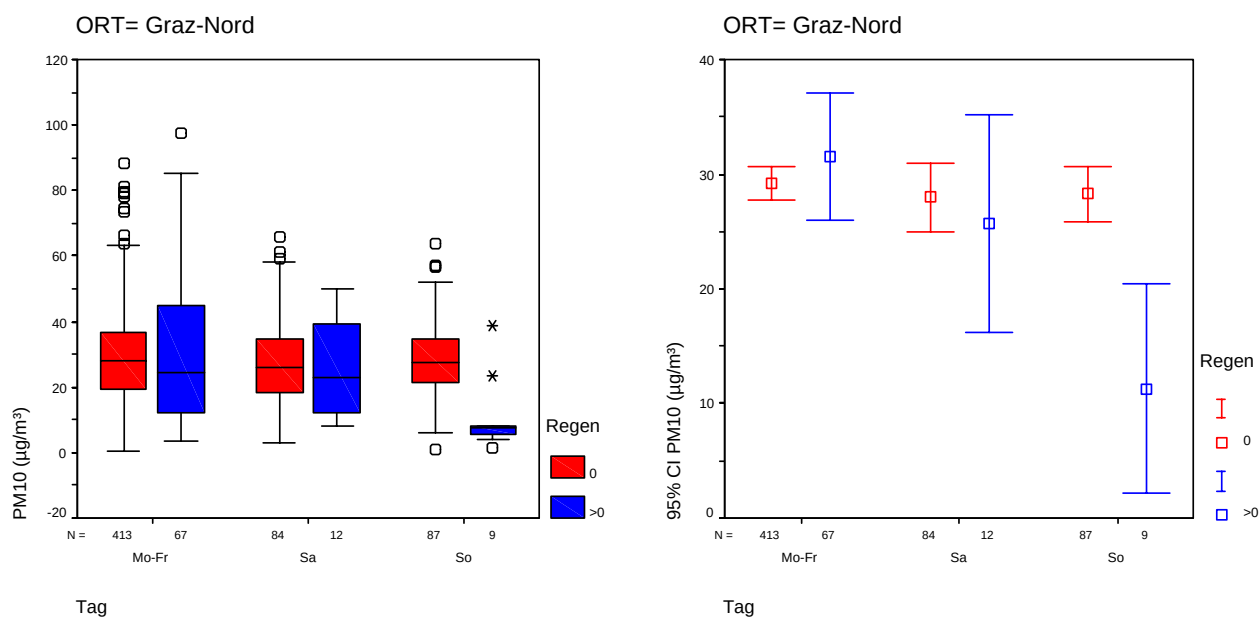
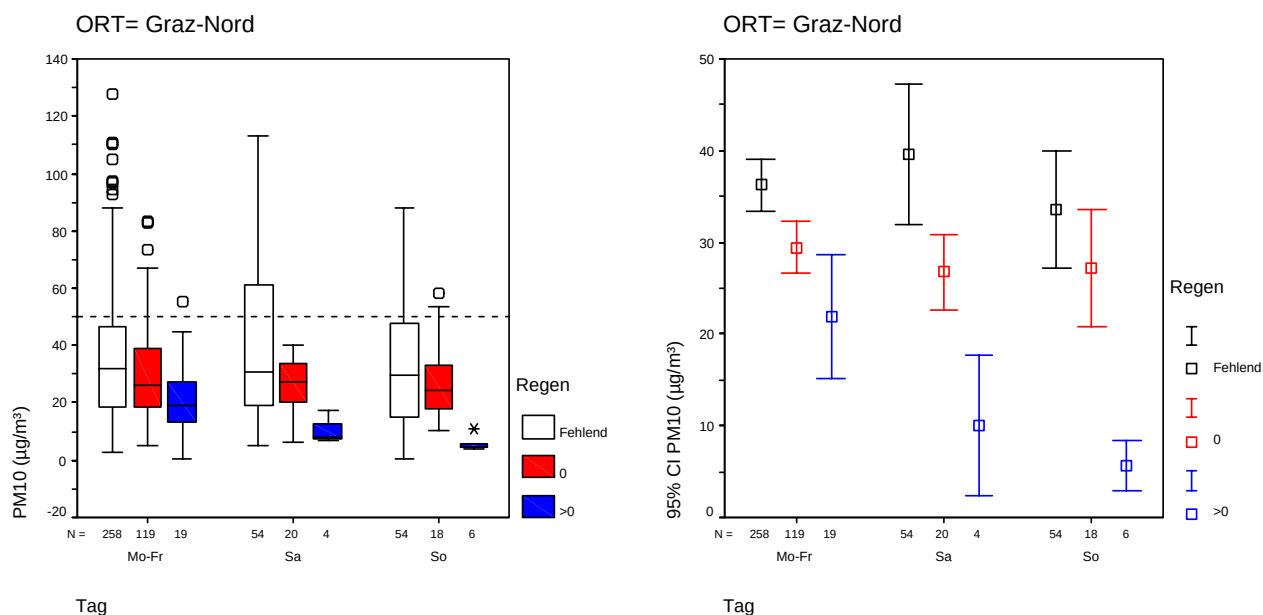
**Diagramm 31:** Boxplotserien und Fehlerbalken der PM10 Tagesmittelwerte bzgl. Niederschlag in Graz-Nord im Sommer

Tabelle 6: PM10-4-Stunden-Mittelwerte nach Regenkategorien in Graz-Nord im Winter**Bericht**

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Tag	Regen	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung
Mo-Fr	0	29,45	26,38	119	15,38
	>0	21,95	18,85	19	13,94
	Insgesamt	28,41	25,79	138	15,36
Sa	0	26,75	27,51	20	8,94
	>0	10,07	8,19	4	4,84
	Insgesamt	23,97	23,91	24	10,46
So	0	27,19	24,34	18	13,02
	>0	5,68	4,76	6	2,58
	Insgesamt	21,81	18,81	24	14,74
Insgesamt	0	28,84	26,38	157	14,43
	>0	16,95	13,16	29	13,40
	Insgesamt	26,99	24,26	186	14,88

Der Einfluss des Niederschlags scheint im Winter wesentlich stärker zu sein.

**Diagramm 32:** Boxplotserien und Fehlerbalken der PM10 Tagesmittelwerte bzgl. Niederschlag in Graz-Nord im Winter

In den von uns beobachteten Zeitperioden ist die Verteilung der Niederschlagsperioden ziemlich gleichmäßig über die Wochentage verteilt.

Wochentage	Anzahl der 4–Stunden–MW an Regentagen	Anzahl der 4–Stunden–MW an regenfreien Tagen	%- Regen
MO	10	104	8,8 %
DI	18	108	14,3 %
MI	25	101	19,8 %
DO	16	110	12,7 %
FR	17	109	13,5 %
SA	16	104	13,3 %
SO	15	105	12,5 %

4.1.2 Einfluss des Verkehrs

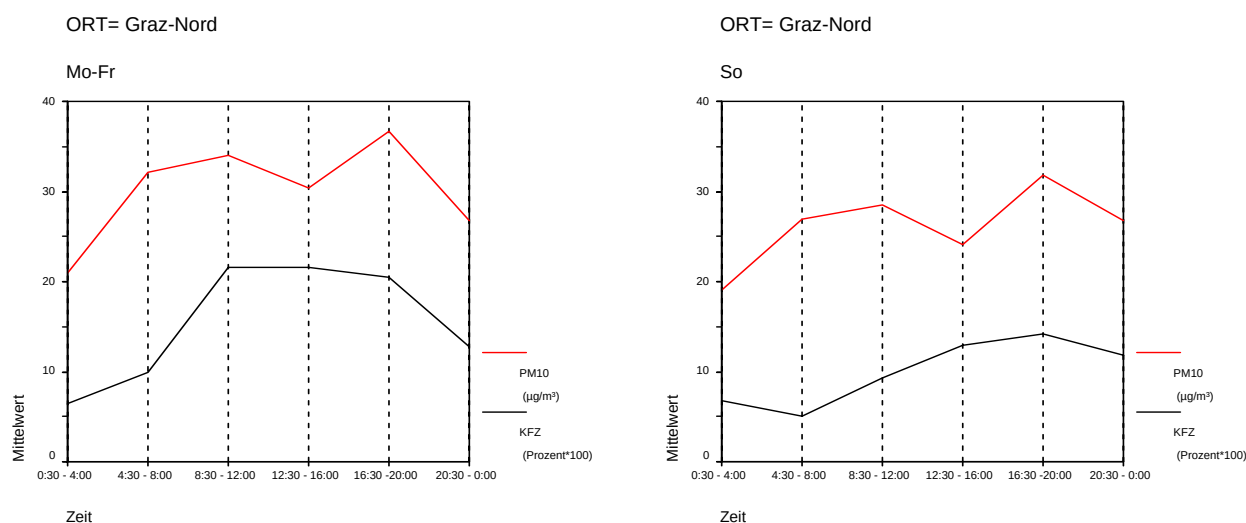


Diagramm 33: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Sommer

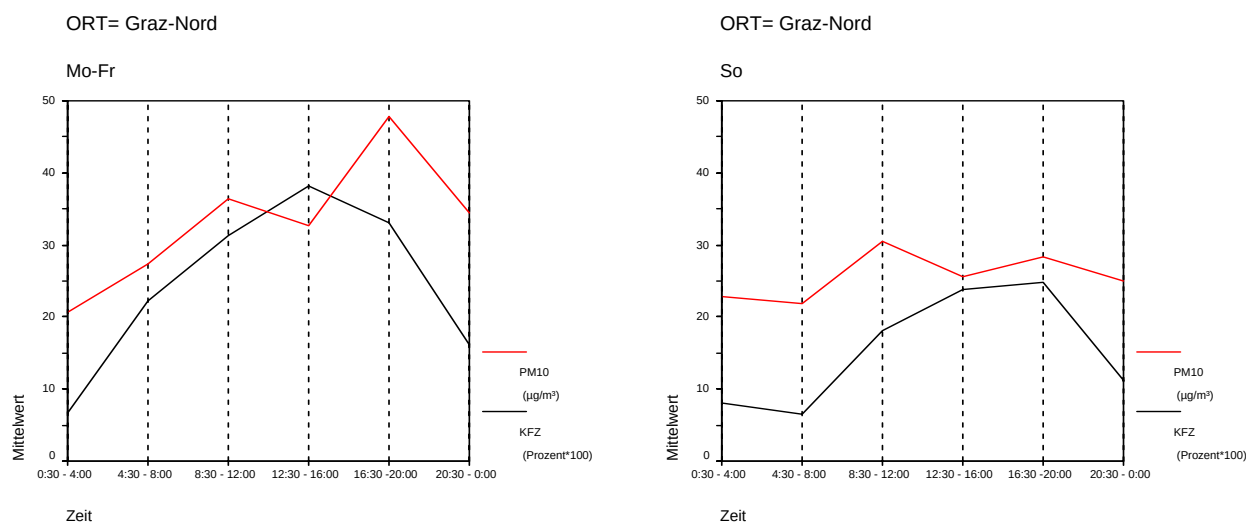


Diagramm 34: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Winter

4.1.3 Einfluss der Inversionswetterlage

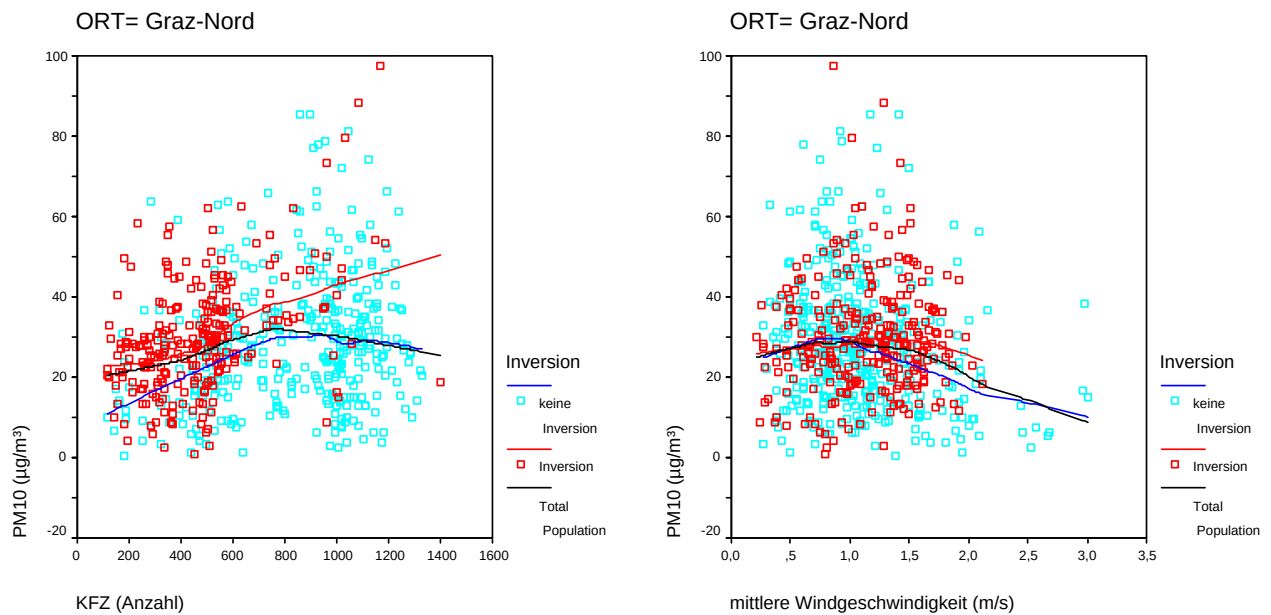


Diagramm 35: Scatterplots der PM10 und KFZ, bzw. Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord im Sommer

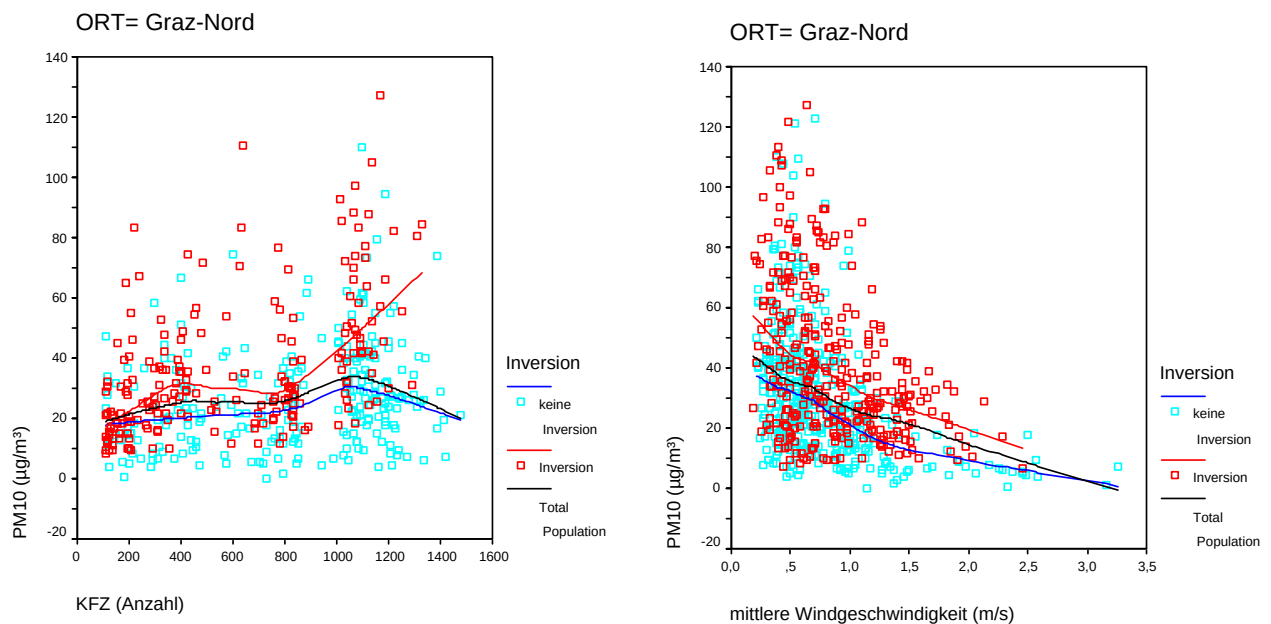


Diagramm 36: Scatterplots der PM10 und KFZ, bzw. Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord im Winter

4.2 Analysen für Graz-Mitte

4.2.1 Einfluss des Windes

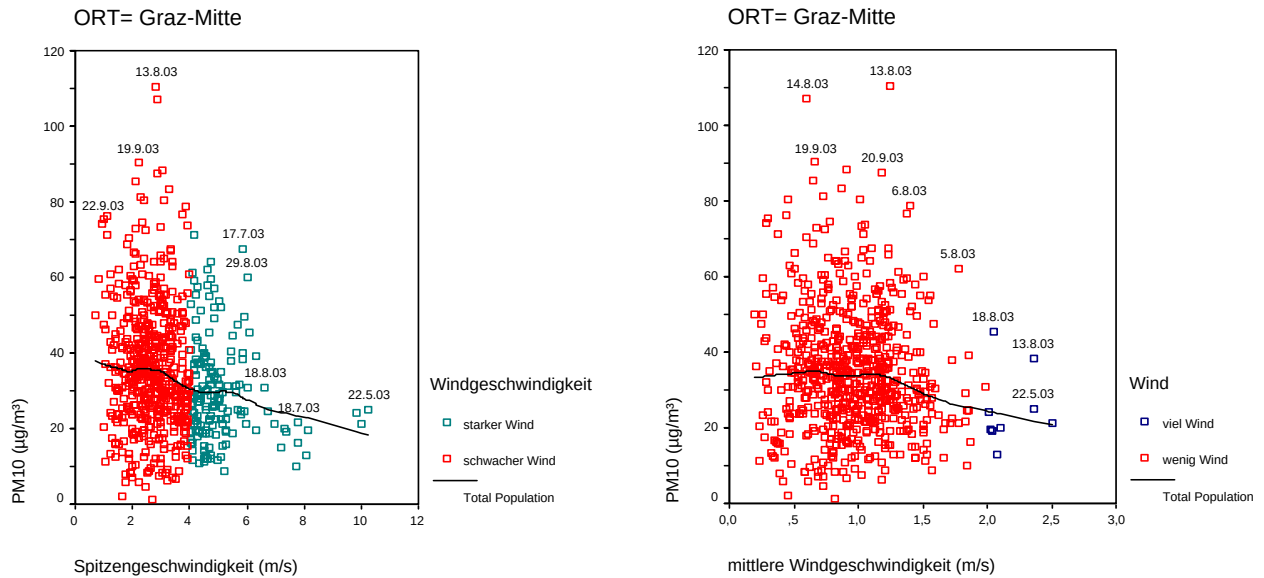


Diagramm 37: Scatterplots der PM10 und Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte im Sommer

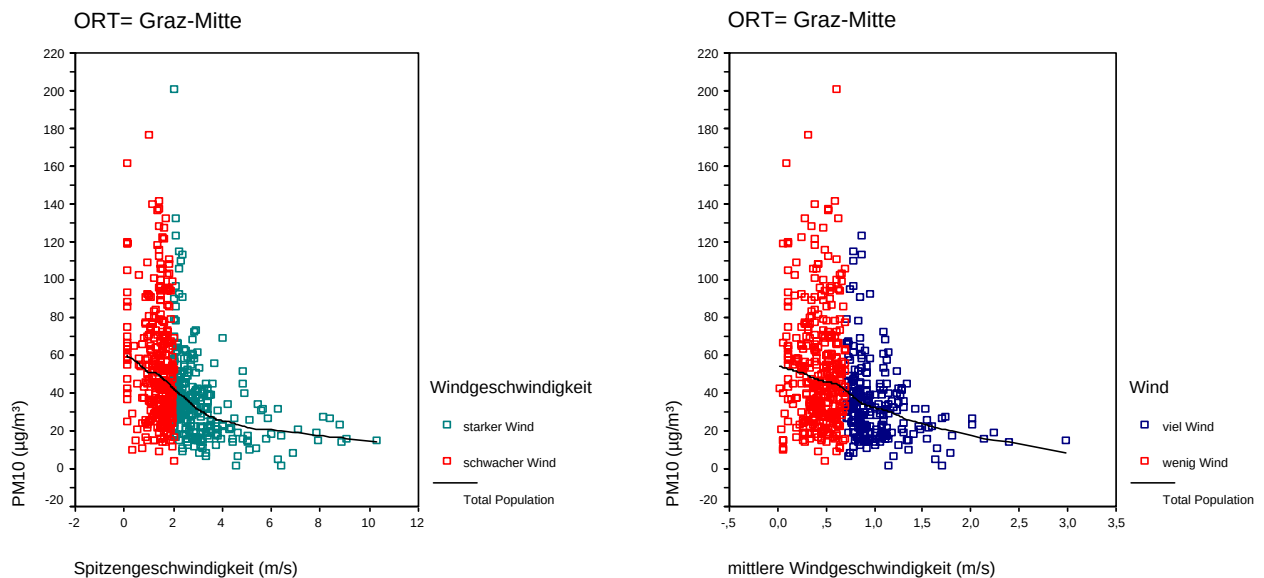


Diagramm 38: Scatterplots der PM10 und Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte im Winter

Im Zeitverlauf ist der Einfluss der mittleren und der Spitzenwindgeschwindigkeit deutlich zu erkennen.

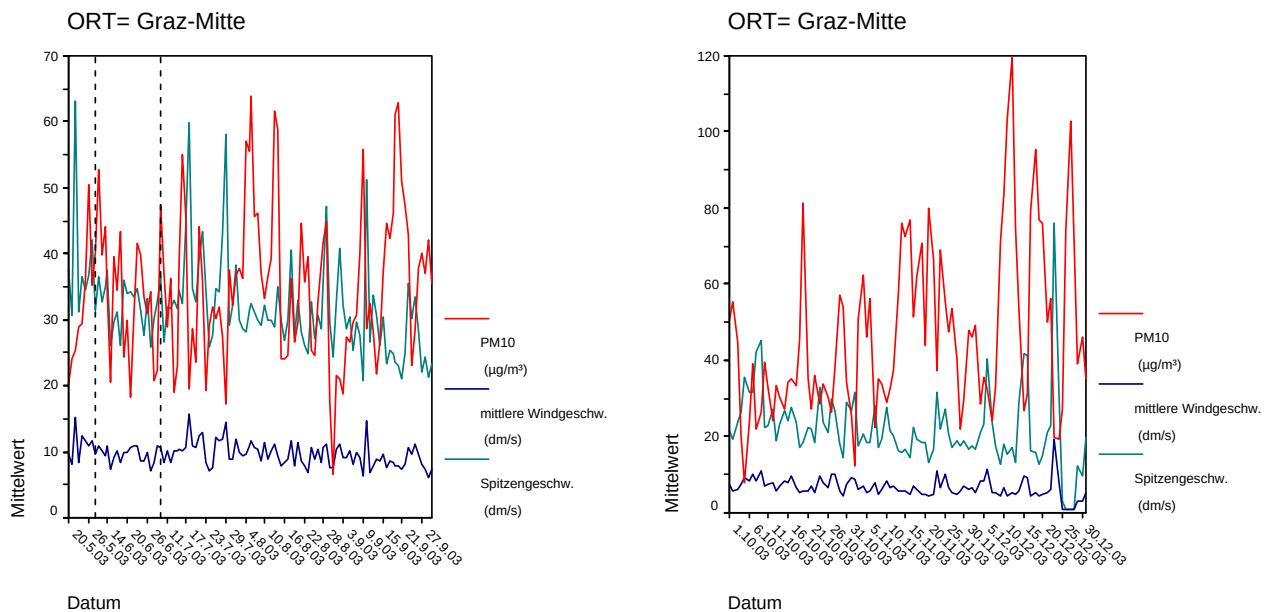


Diagramm 39 : Liniendiagramme der PM10 und Wind Tagesmittelwerte in Graz-Mitte

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 64 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (6.8.03)	und	$\bar{x}_{\min} = 6,8 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (31.8.03)
Windgeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 1,5 \text{ m} / \text{s}$ (22.5.03)	und	$\bar{x}_{\min} = 0,6 \text{ m} / \text{s}$ (29.9.03)

4.2.2 Einfluss des Verkehrs

Auffällig ist das deutliche Absacken der PM10 Werte im Zeitintervall 12:30 - 16:00 Uhr, sowohl an Werktagen als auch an Sonntagen, obwohl sich die Verkehrsfrequenz nicht sehr stark verändert. Der Ursache dieses Phänomens (klimatische Besonderheiten, Verkehrszusammensetzung?) ist in Hinkunft noch weiter großes Augenmerk zu schenken. Dazu werden wir zusätzliche Daten speziell über die Zusammensetzung des Verkehrs (LKW-Anteil im Tagesverlauf) brauchen. Interessant könnte dabei auch das Studium des Zusammenhangs von PM10 mit NO2 im Tagesverlauf sein.

Sommer

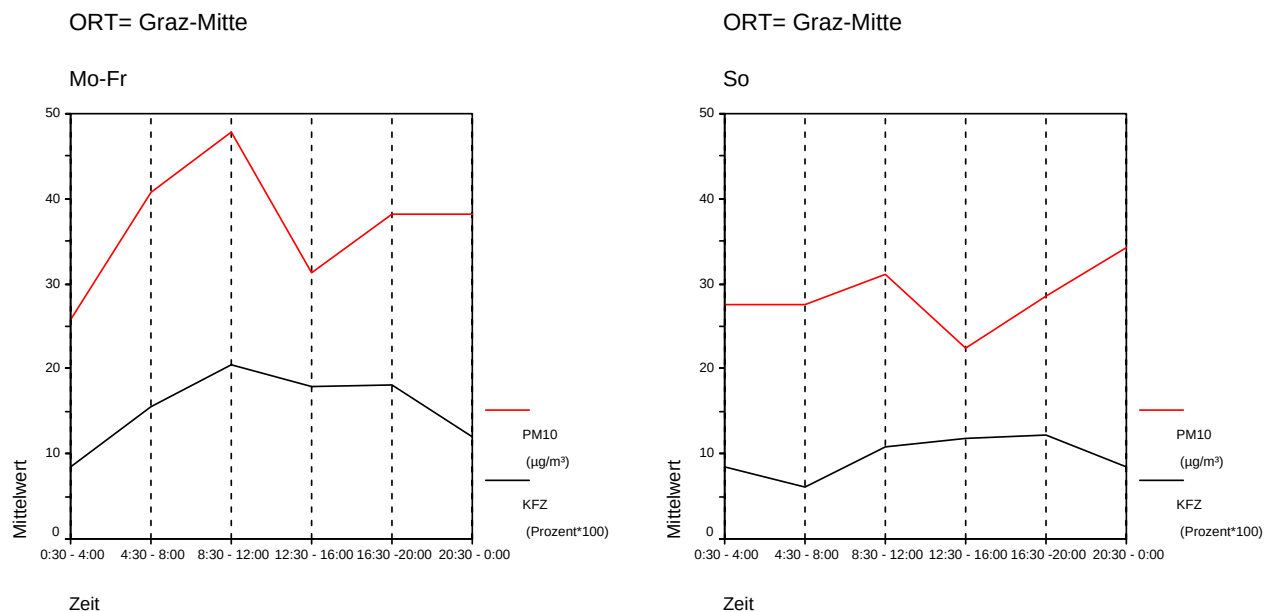


Diagramm 40: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Sommer

Winter

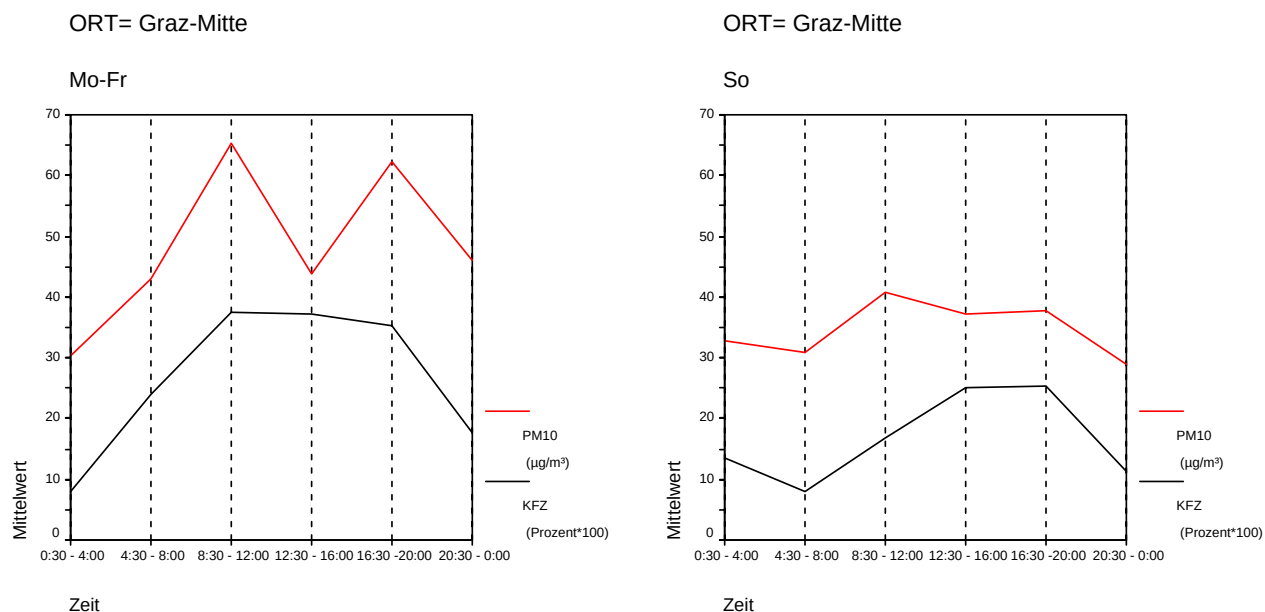


Diagramm 41: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Winter

4.2.3 Einfluss der Inversionswetterlage

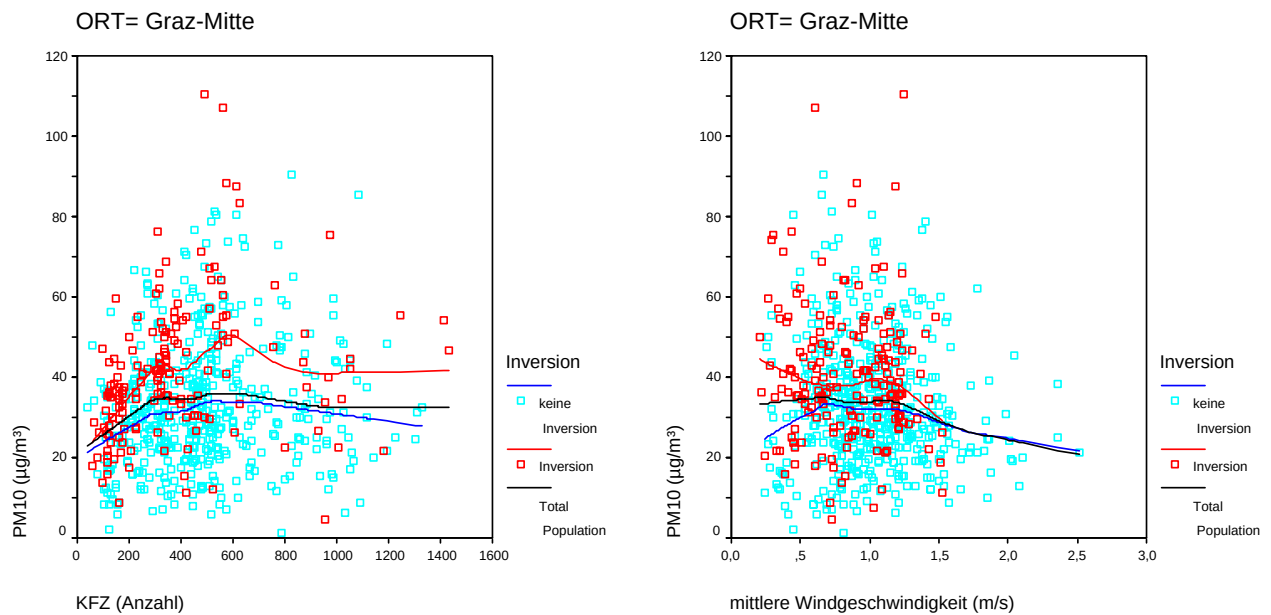


Diagramm 42: Scatterplots der PM10 und KFZ, bzw. Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte im Sommer

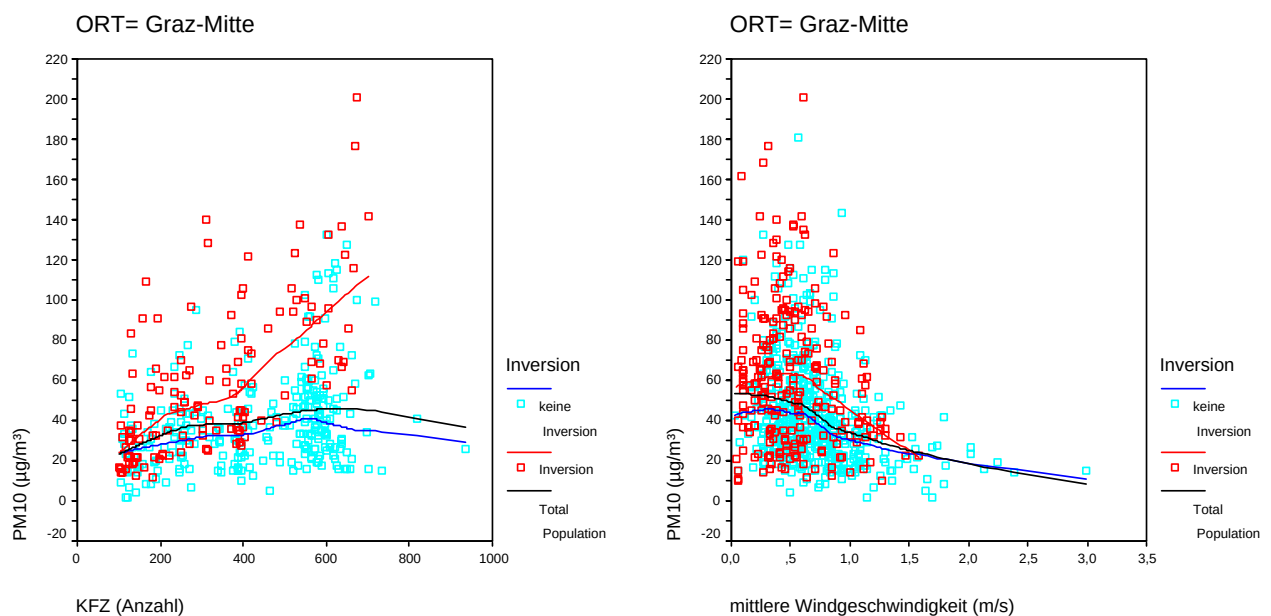


Diagramm 43: Scatterplots der PM10 und KFZ, bzw. Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte im Winter

5. REGRESSIONSMODELLE FÜR LN(PM10)

Im Folgenden werden Regressionsmodelle für die logarithmierten 4-Stunden-Mittelwerte von PM10 ermittelt, welche die wesentlichen Einflussgrößen beinhalten. Zunächst beschränken wir uns auf die Tageswerte an Werktagen.

5.1 Modell der Tageswerte in Graz-Nord im Sommer

Tabelle 7: Regression für LN(PM10) an Werktagen 4:30 - 20:00 Uhr in Graz-Nord im Sommer

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,724 ^a	,525	,515	,43980070	1,697

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, Temp.diff. G-Schloßb., Lufttemperatur (°C), Spitzengeschwindigkeit (m/s), KFZ (Anzahl), Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,12950	,174		18,004	,000
	KFZ (Anzahl)	,00047	,000	,210	3,789	,000
	Lufttemperatur (°C)	,05880	,005	,544	11,510	,000
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,15820	,021	-,333	-7,457	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	-,31471	,039	-,360	-8,014	,000
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,17388	,020	-,529	-8,782	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,10128	,022	-,214	-4,688	,000

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

$$\text{LN(PM10)} = 3,13 + 0,00047 \times \text{KFZ} + 0,059 \times T - 0,158 \times \text{SPG} - 0,315 \times \text{TD1} - 0,174 \times \text{TD2} - 0,1 \times \text{TD3}$$

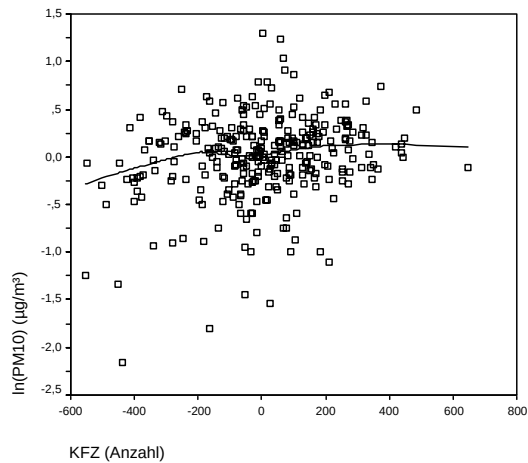
$$r^2 = 0,515; s = 0,44$$

Das Modell für die transformierte Variable LN(PM10) erweist sich als aussagekräftiger als das Modell für PM10. Mit diesem Modell kann 51,5% der Varianz erklärt werden, mit einem Standardfehler für LN(PM10) von $s = 0,44$. Die Einflüsse der Lufttemperatur, der Spitzengeschwindigkeit und der Temperaturunterschiede sind von ähnlicher Größenordnung. Der Verkehr (PKW+LKW) hat ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den Feinstaub.

Die folgenden Graphiken zeigen die Bedeutung der einzelnen Einflussgrößen im Regressionsmodell in Form von partiellen Regressionsdiagrammen.

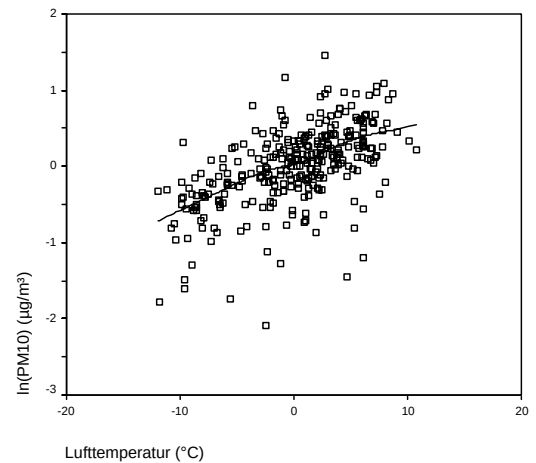
Partielles Regressionsdiagramm

Abhängige Variable: $\ln(\text{PM}_{10})$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



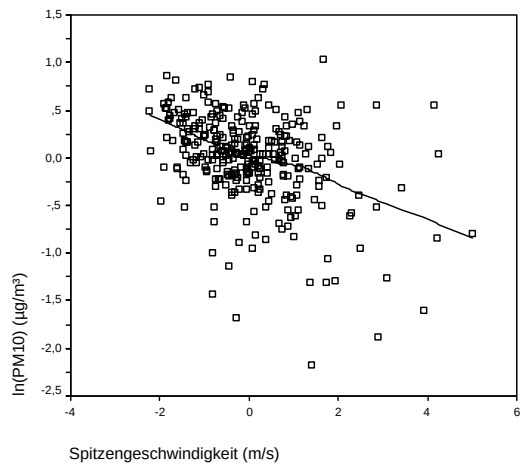
Partielles Regressionsdiagramm

Abhängige Variable: $\ln(\text{PM}_{10})$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



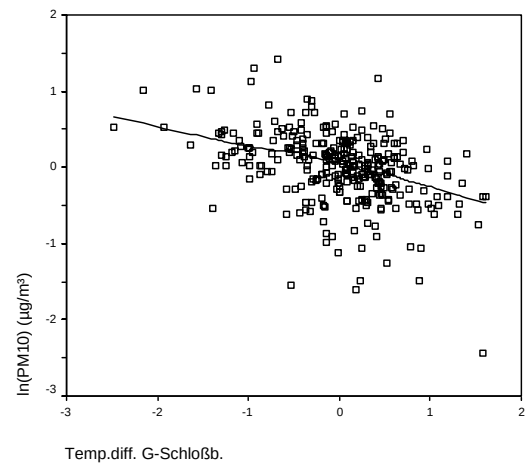
Partielles Regressionsdiagramm

Abhängige Variable: $\ln(\text{PM}_{10})$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



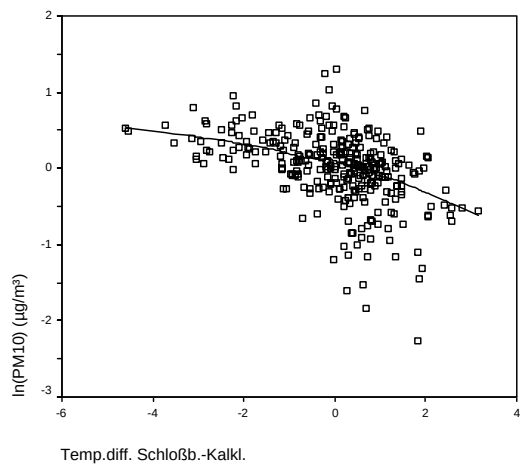
Partielles Regressionsdiagramm

Abhängige Variable: $\ln(\text{PM}_{10})$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Partielles Regressionsdiagramm

Abhängige Variable: $\ln(\text{PM}_{10})$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Partielles Regressionsdiagramm

Abhängige Variable: $\ln(\text{PM}_{10})$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

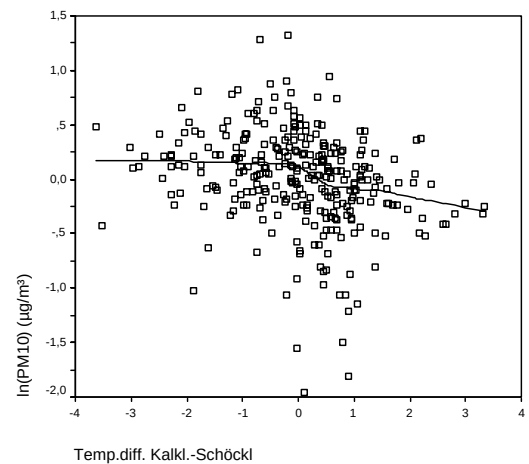


Diagramm 44: Streudiagramme für $\ln(\text{PM}_{10})$ /Parameter der Regression im Sommer

5.1.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells

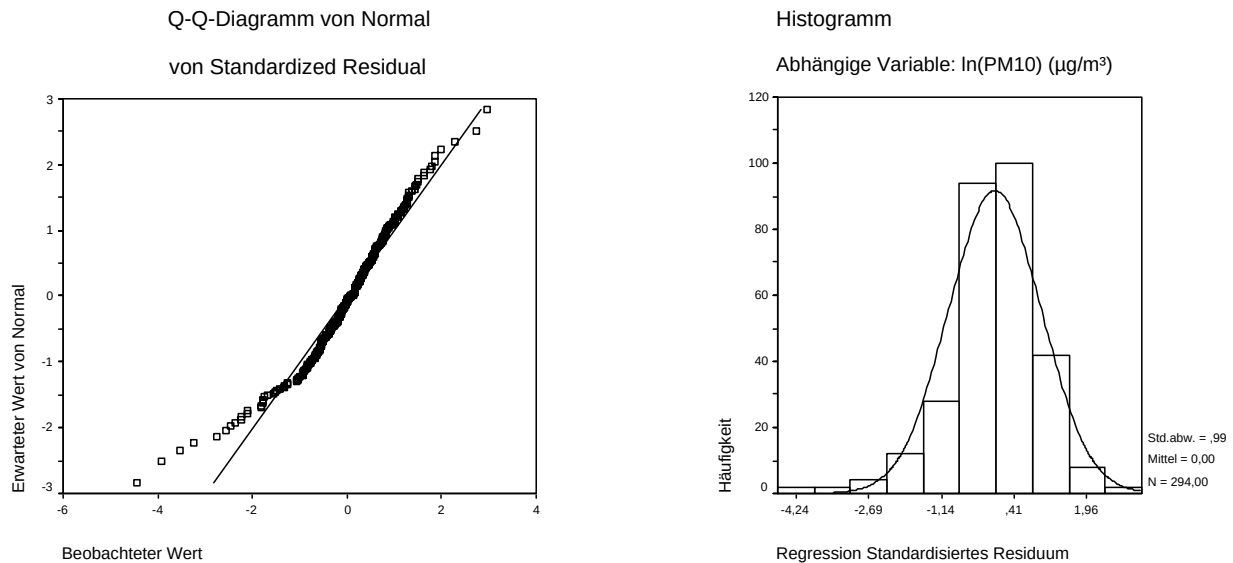


Diagramm 45: Q-Q-Diagramm und Histogramm der standardisierten Residuen im Sommer

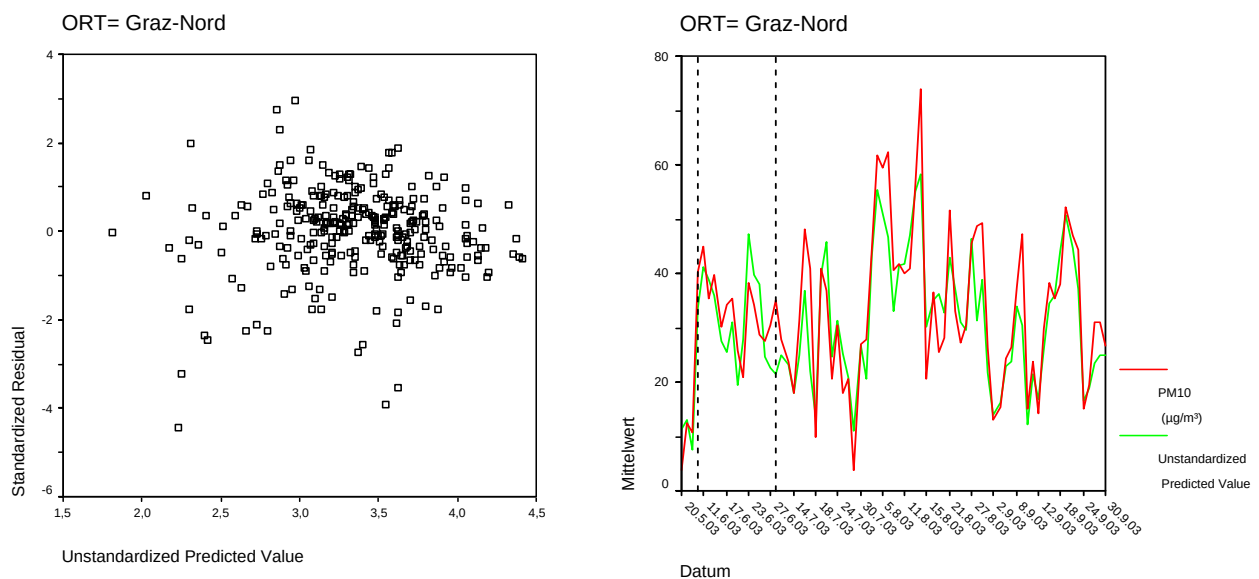


Diagramm 46: Residuenplot und Liniendiagramm LN(PM10)/geschätzt-PM10 im Sommer

Die Residuen (beobachtete Werte-Modellwerte) sind annähernd normalverteilt, bis auf einige Ausreißer (Diagramm 45). Die Daten im Residuenplot (Diagramm 46 links) weisen eine annähernd zufällige Struktur auf. Dies bedeutet, dass keine grobe Verletzung der Modellvoraussetzungen vorliegen. Die rechte Graphik von Diagramm 46 zeigt einen Vergleich der gemessenen Tagesmittelwerte (rot) mit den Vorhersagewerten aus dem Modell (grün). Man erkennt, dass die hohen Werte eher unterschätzt werden. Tendenziell werden die Tagesmittelwerte durch die Vorhersagewerte gut repräsentiert.

5.2 Modell der Tageswerte in Graz-Nord im Winter

Tabelle 8: Regression für LN(PM10) an Werktagen 4:30 - 20:00 Uhr in Graz-Nord im Winter

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,708 ^a	,501	,485	,46127592	1,495

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, KFZ (Anzahl), Temp.diff. G-Schloßb., Spitzengeschwindigkeit (m/s), Lufttemperatur (°C), Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,35383	,158		21,205	,000
	KFZ (Anzahl)	,00060	,000	,232	4,345	,000
	Lufttemperatur (°C)	,02592	,007	,207	3,775	,000
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,22402	,025	-,486	-9,007	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	-,08618	,038	-,119	-2,241	,026
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,13013	,019	-,373	-6,724	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,02825	,011	-,153	-2,659	,009

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

$$\text{LN(PM10)} = 3,35 + 0,0006 \times \text{KFZ} + 0,026 \times \text{T} - 0,224 \times \text{SPG} - 0,086 \times \text{TD1} - 0,13 \times \text{TD2} - 0,028 \times \text{TD3}$$

$$r^2 = 0,485; s = 0,46$$

Mit diesem Modell kann 48,5% der Varianz erklärt werden, mit einem Standardfehler für LN(PM10) von $s = 0,46$.

Im Winter ist der Einfluss der Spitzengeschwindigkeit am größten. Die Variablen Verkehr (PKW+LKW), Lufttemperatur und Temperaturunterschiede haben ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den Feinstaub.

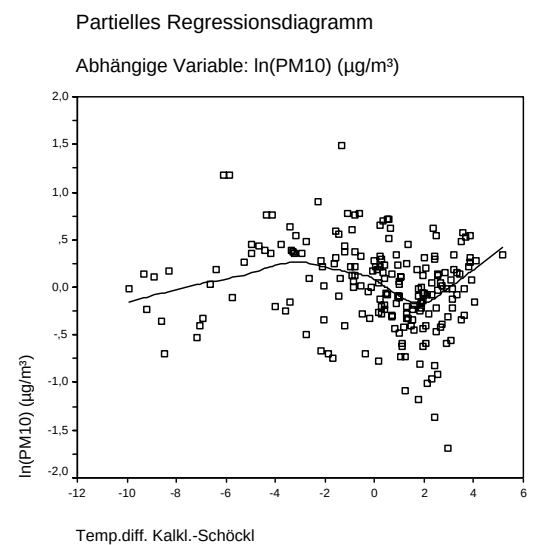
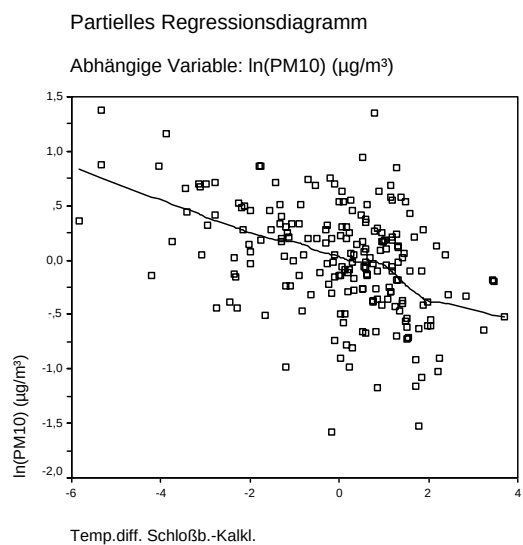
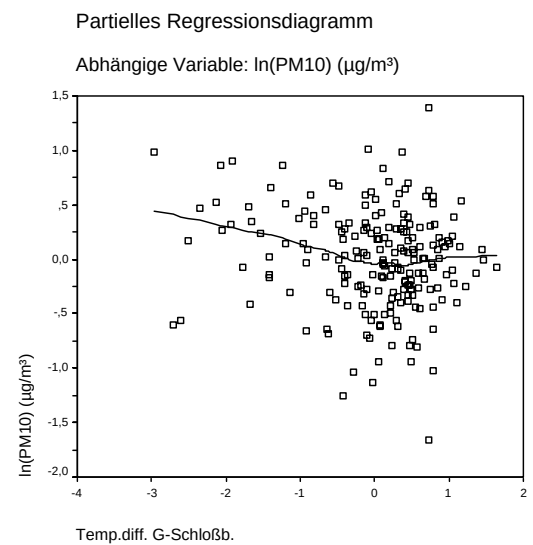
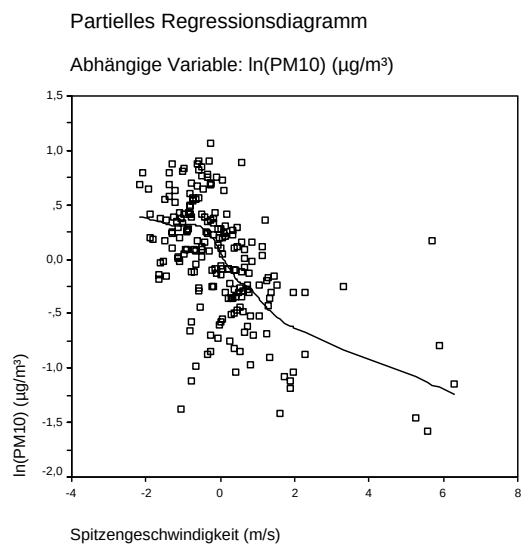
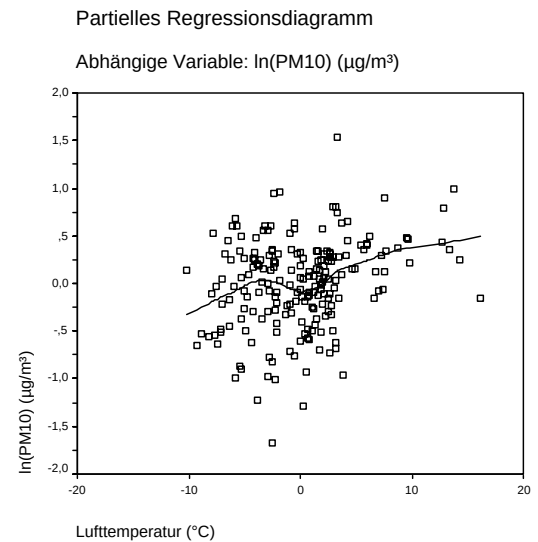
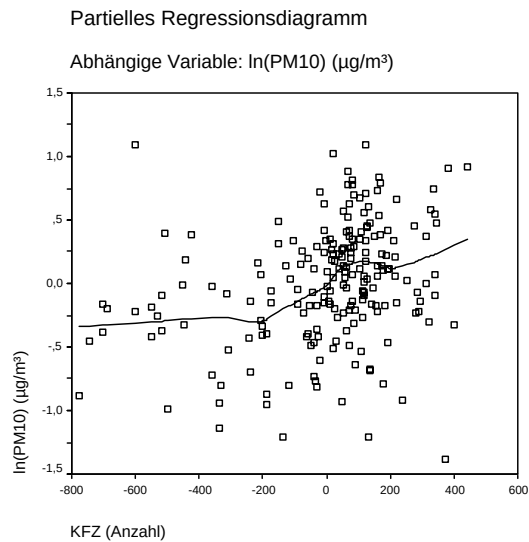


Diagramm 47: Streudiagramme für $\ln(\text{PM}_{10})$ /Parameter der Regression im Winter

5.2.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells

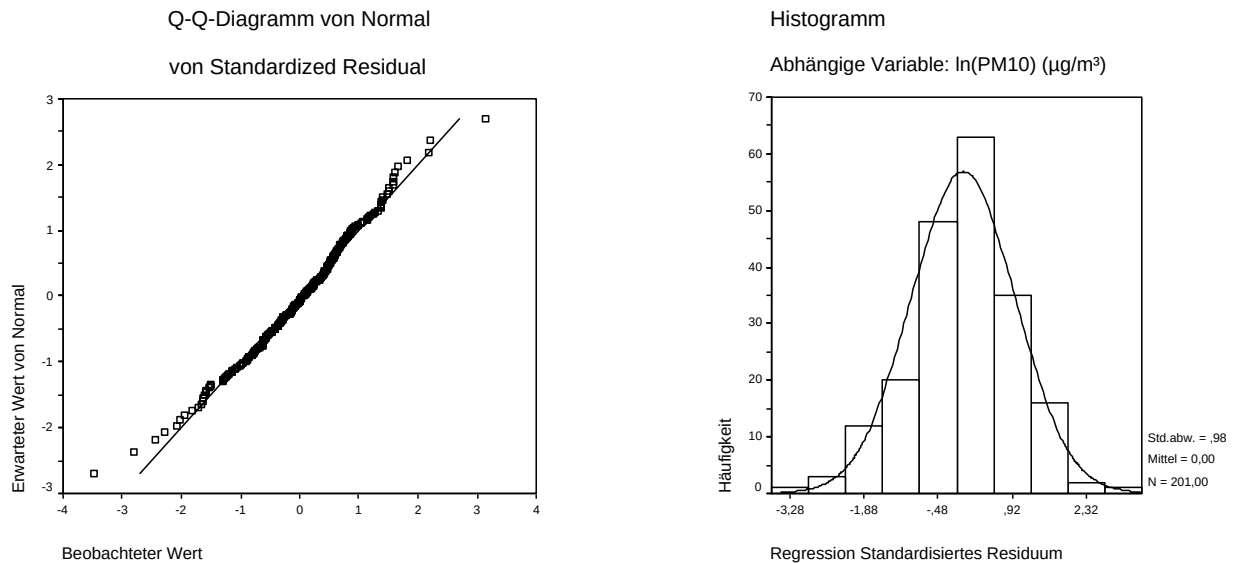


Diagramm 48: Q-Q-Diagramm und Histogramm der standardisierten Residuen im Winter

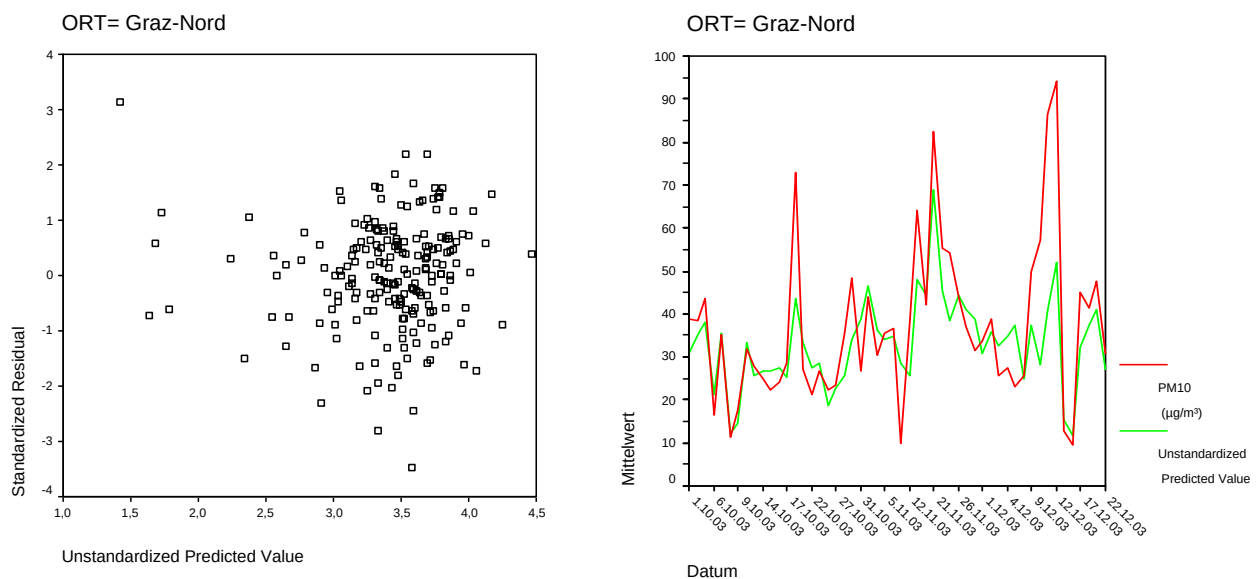


Diagramm 49: Residuenplot und Liniendiagramm $\ln(\text{PM}_{10})/\text{geschätzt-PM}_{10}$ im Winter

Die Residuen (beobachtete Werte-Modellwerte) sind annähernd normalverteilt, bis auf einige Ausreißer (Diagramm 48). Die Daten im Residuenplot (Diagramm 49 links) weisen eine annähernd zufällige Struktur auf. Dies bedeutet, dass keine grobe Verletzung der Modellvoraussetzungen vorliegen. Die rechte Graphik von Diagramm 49 zeigt einen Vergleich der gemessenen Tagesmittelwerte (rot) mit den Vorhersagewerten aus dem Modell (grün). Man erkennt, dass die hohen Werte eher unterschätzt werden. Tendenziell werden die Tagesmittelwerte durch die Vorhersagewerte gut repräsentiert.

5.3 Modell der Tages-/Nachtwerte in Graz-Nord im Sommer

Bei Hinzunahme der 4-Stunden-Mittelwerte in der Nacht sinkt die Modellgüte von 51,5% auf ca. 40% ab (Tabelle 9). Die Tagesmittelwerte werden (bis auf die Spitzen) ganz gut wieder gegeben (Diagramm 50). Der Einfluss des Verkehrs macht sich etwas stärker bemerkbar.

Tabelle 9: Regression für LN(PM10) an Werktagen in Graz-Nord im Sommer

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,643 ^a	,413	,405	,50941960	1,634

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, Temp.diff. G-Schloßb., Lufttemperatur (°C), Spitzengeschwindigkeit (m/s), KFZ (Anzahl), Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	2,86991	,163		17,568	,000
	KFZ (Anzahl)	,00070	,000	,350	7,042	,000
	Lufttemperatur (°C)	,05934	,005	,516	11,854	,000
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,16415	,020	-,337	-8,179	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	-,16635	,026	-,251	-6,437	,000
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,11532	,017	-,350	-6,821	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,11844	,021	-,226	-5,613	,000

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

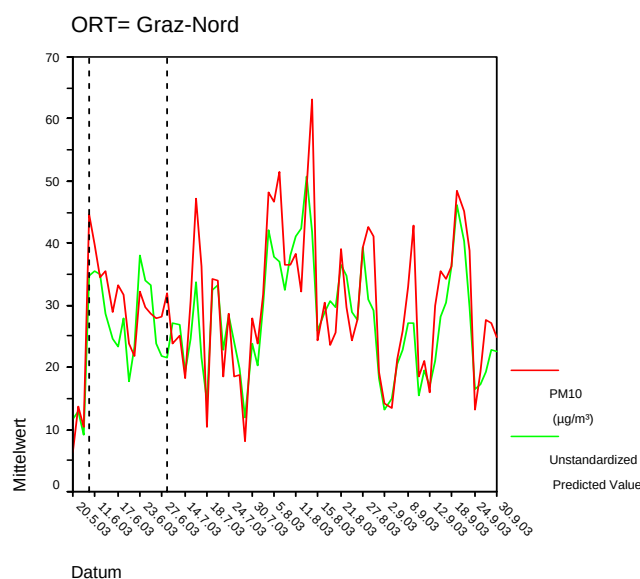


Diagramm 50: Liniendiagramm LN(PM10)/geschätzt-PM10 im Sommer

5.4 Modell der Tages-/Nachtwerte in Graz-Nord im Winter

Bei Hinzunahme der 4-Stunden-Mittelwerte in der Nacht sinkt die Modellgüte von 48,5% auf ca. 40% ab (Tabelle 10). Die Tagesmittelwerte werden (bis auf die Spitzen) ganz gut wieder gegeben (Diagramm 51). Der Einfluss des Verkehrs macht sich etwas stärker bemerkbar.

Tabelle 10: Regression für LN(PM10) an Werktagen in Graz-Nord im Winter

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,648 ^a	,420	,408	,54004396	1,302

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, Temp.diff. Schloßb.-Kalkl., Spitzengeschwindigkeit (m/s), KFZ (Anzahl), Temp.diff. G-Schloßb., Lufttemperatur (°C)

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,43018	,096		35,758	,000
	KFZ (Anzahl)	,00062	,000	,348	7,150	,000
	Lufttemperatur (°C)	,01607	,007	,114	2,339	,020
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,24020	,025	-,442	-9,467	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	-,12208	,035	-,169	-3,495	,001
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,10037	,018	-,275	-5,596	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,03894	,010	-,192	-3,947	,000

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

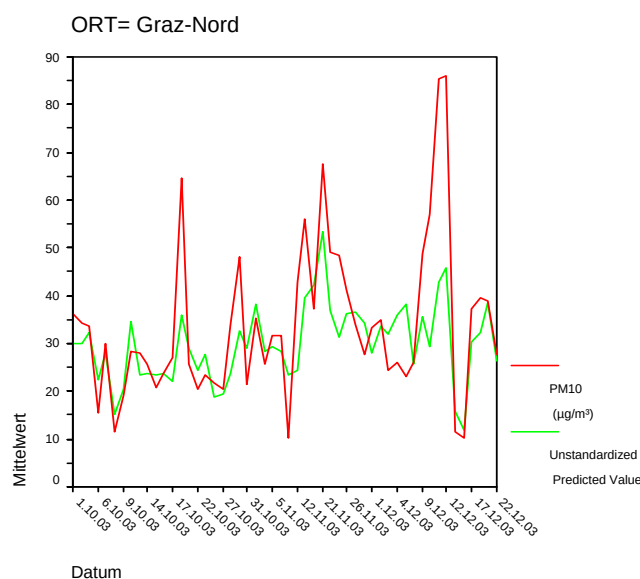


Diagramm 51: Liniendiagramm LN(PM10)/geschätzt-PM10 im Winter

5.5 Modell der Tageswerte in Graz-Mitte im Sommer

Für Graz-Mitte erhält man Modelle mit ähnlicher Aussagekraft wie für Graz-Nord.

Tabelle 11: Regression für LN(PM10) an Werktagen 4:30 - 20:00 Uhr in Graz-Mitte im Sommer

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,601 ^a	,361	,348	,39760287	1,680

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, Temp.diff. G-Schloßb., KFZ (Anzahl), Temp.diff. Schloßb.-Kalkl., Spitzengeschwindigkeit (m/s), Lufttemperatur (°C)

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,14947	,175		17,998	,000
	KFZ (Anzahl)	,00065	,000	,298	5,412	,000
	Lufttemperatur (°C)	,04295	,005	,513	8,182	,000
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,07528	,019	-,227	-3,932	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	-,11131	,018	-,297	-6,262	,000
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,10198	,016	-,396	-6,512	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,07095	,019	-,199	-3,703	,000

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

$$\text{LN(PM10)} = 3,15 + 0,00065 \times \text{KFZ} + 0,043 \times T - 0,075 \times \text{SPG} - 0,1 \times \text{TD1} - 0,1 \times \text{TD2} - 0,07 \times \text{TD3}$$

$$r^2 = 0,35; s = 0,4$$

Mit diesem Modell kann nur 35% der Varianz erklärt werden, mit einem Standardfehler für LN(PM10) von $s = 0,4$.

Am stärksten geht die Lufttemperatur ein. Danach folgen die Temperaturdifferenzen G-Schloßberg und Schloßberg-Kalkleiten, sowie der Kfz-Verkehr (PKW+LKW).

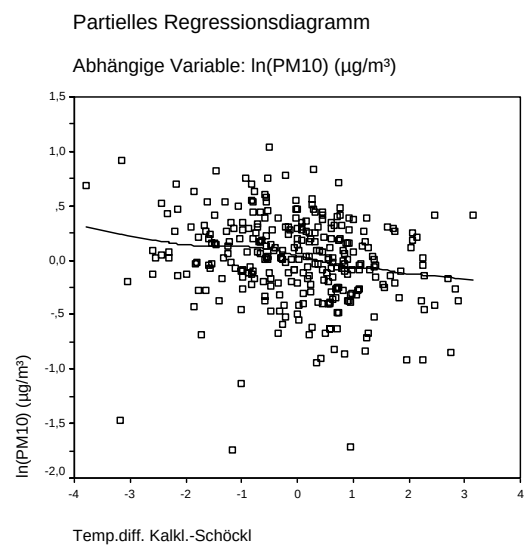
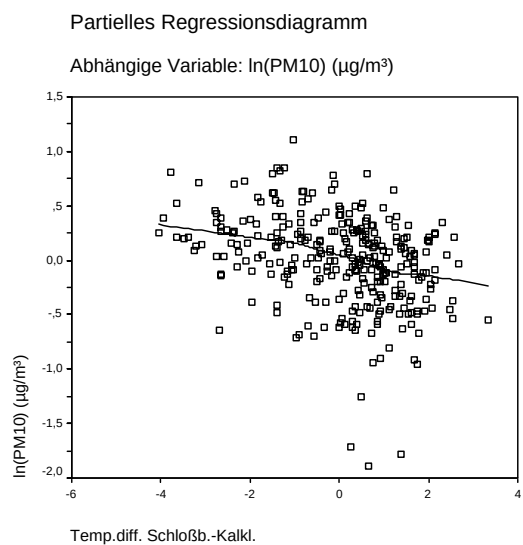
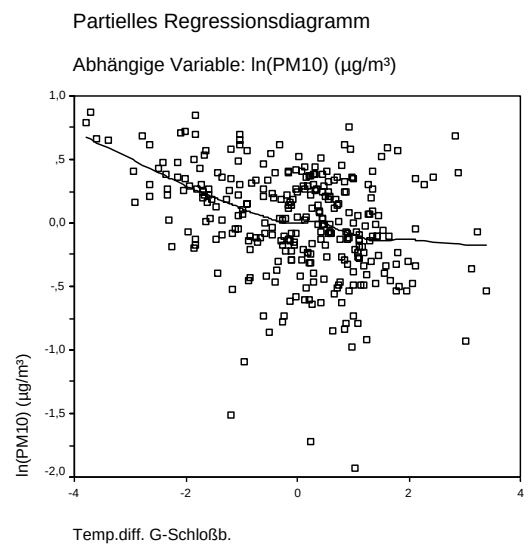
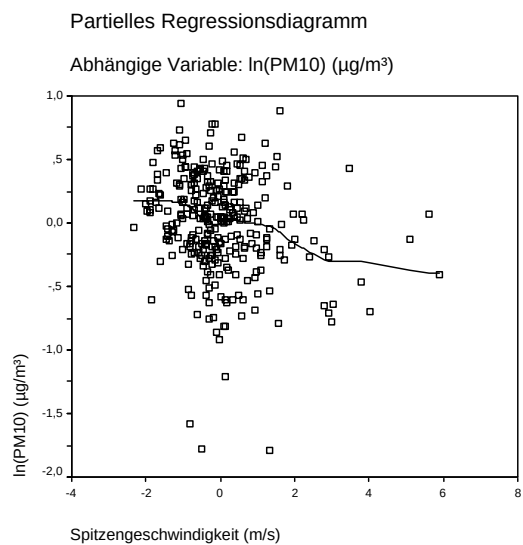
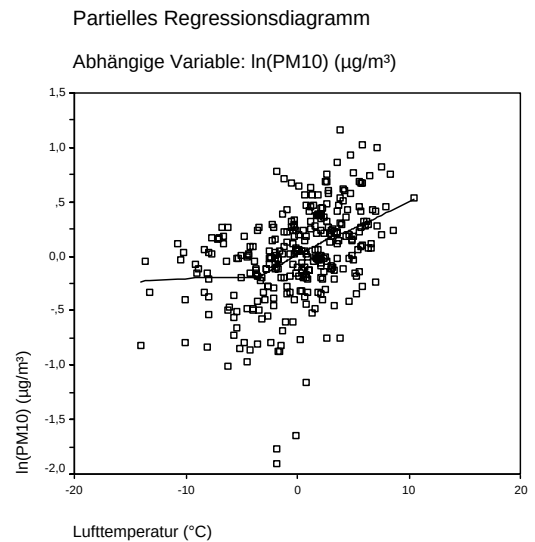
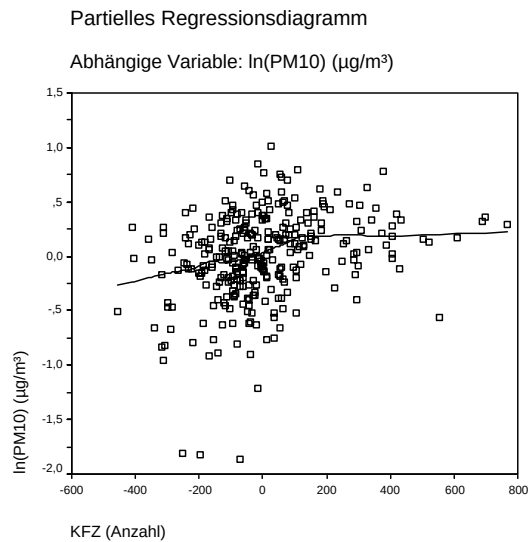


Diagramm 52: Streudiagramme für $\ln(\text{PM}_{10})$ /Parameter der Regression im Sommer

5.5.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells

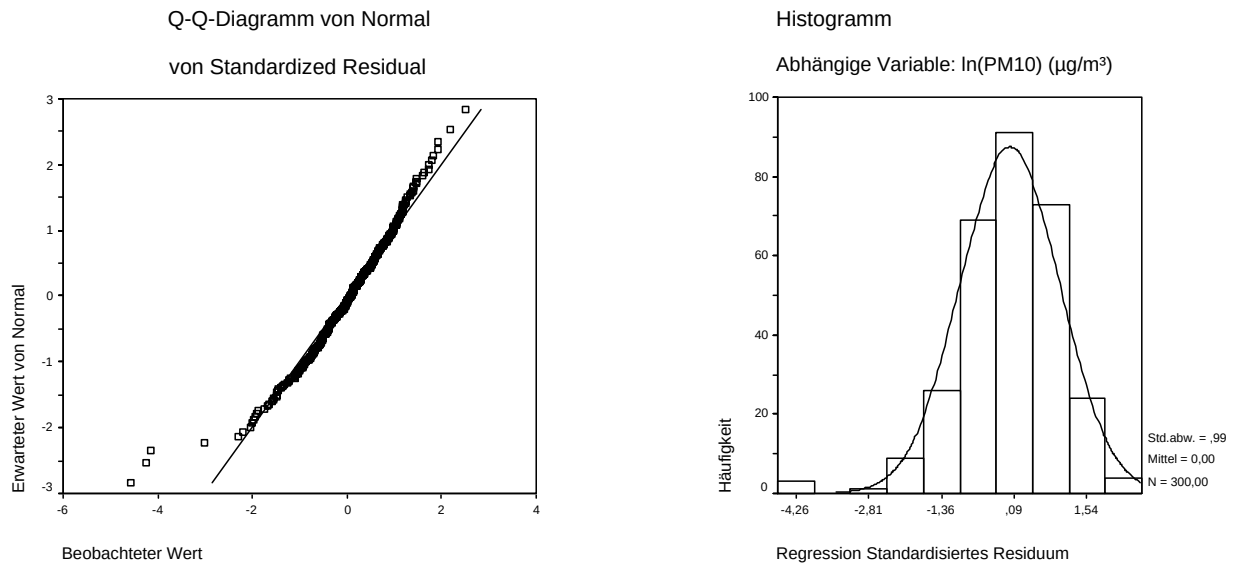


Diagramm 53: Q-Q-Diagramm und Histogramm der standardisierten Residuen im Sommer

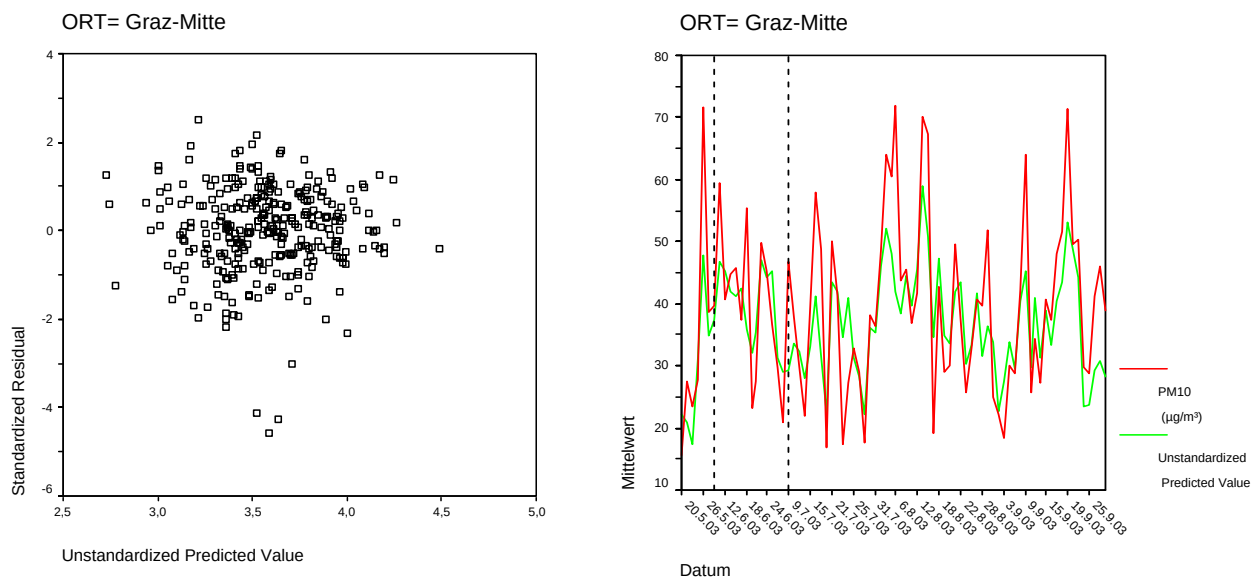


Diagramm 54: Residuenplot und Liniendiagramm $\ln(\text{PM}_{10})/\text{geschätzt-PM}_{10}$ im Sommer

Die Residuen sind annähernd normalverteilt, wenn man die Ausreißer ausblendet, und die Daten im Residuenplot weisen eine zufällige Struktur auf. Dies bedeutet, dass keine Modellvoraussetzungen verletzt sind. Weiters werden die Tagesmittelwerte durch die Vorhersagewerte tendenziell gut repräsentiert.

5.6 Modell der Tageswerte in Graz-Mitte im Winter

Für Graz-Mitte erhält man Modelle mit ähnlicher Aussagekraft wie für Graz-Nord.

Tabelle 12: Regression für LN(PM10) an Werktagen 4:30 - 20:00 Uhr in Graz-Mitte im Winter

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,733 ^a	,538	,522	,40015292	1,542

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, KFZ (Anzahl), Temp.diff. Schloßb.-Kalkl., Temp.diff. G-Schloßb., Spitzengeschwindigkeit (m/s), Lufttemperatur (°C)

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,09048	,168		18,441	,000
	KFZ (Anzahl)	,00263	,000	,480	8,257	,000
	Lufttemperatur (°C)	-,11996	,076	-1,113	-1,586	,114
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,23046	,029	-,490	-7,820	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	,05502	,038	1,011	1,451	,149
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,11147	,019	-,363	-5,848	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	,00068	,010	,004	,071	,943

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

$$\text{LN(PM10)} = 3,09 + 0,0026 \times \text{KFZ} - 0,12 \times \text{T} - 0,23 \times \text{SPG} + 0,055 \times \text{TD1} - 0,1 \times \text{TD2} + 0,0007 \times \text{TD3}$$

$$r^2 = 0,522; s = 0,4$$

Durch dieses Modell kann 52% der Varianz erklärt werden, mit einem Standardfehler für LN(PM10) von $s = 0,4$.

Im Gegensatz zum Sommer (siehe Tabelle 11) ist hier der Einfluss des Kfz-Verkehrs bedeutend stärker: er ist vergleichbar mit dem Einfluss der Spitzenwindgeschwindigkeit. Die Lufttemperatur und zwei Temperaturdifferenzen spielen hingegen keine signifikante Rolle mehr.

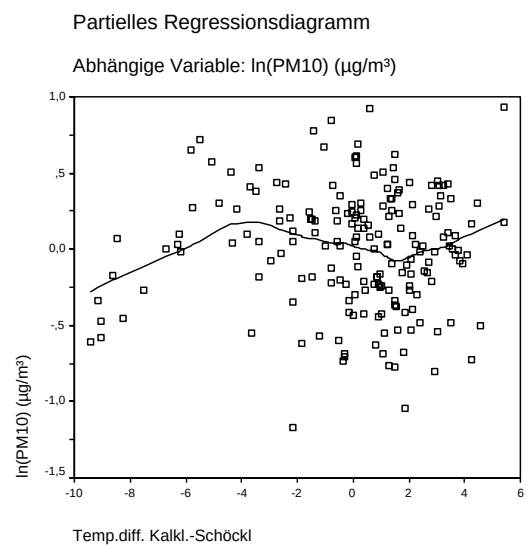
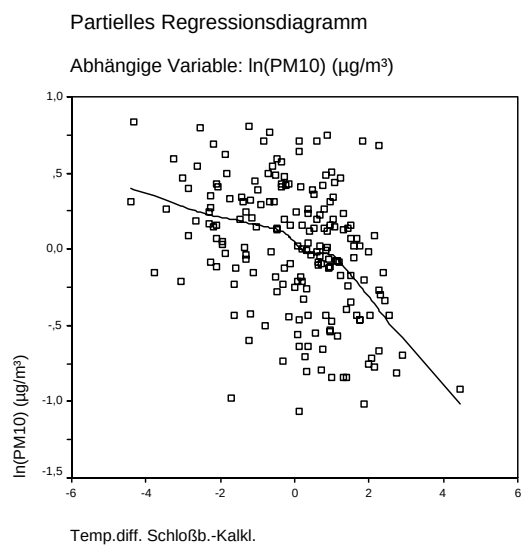
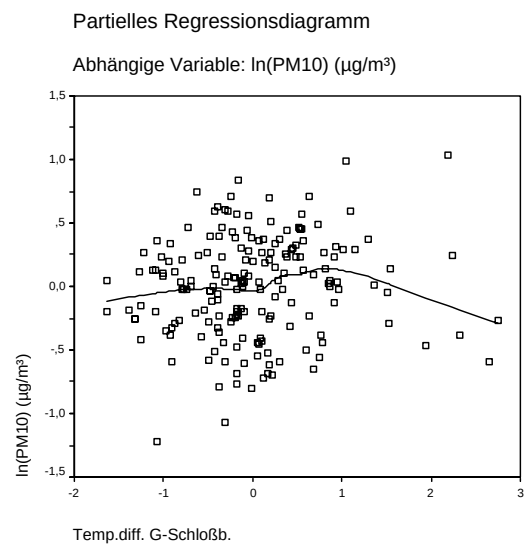
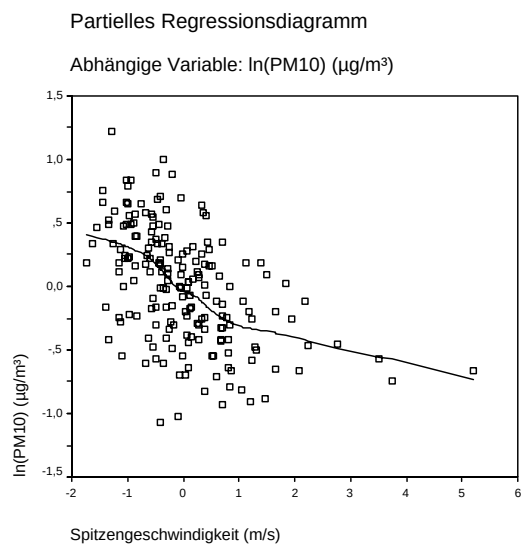
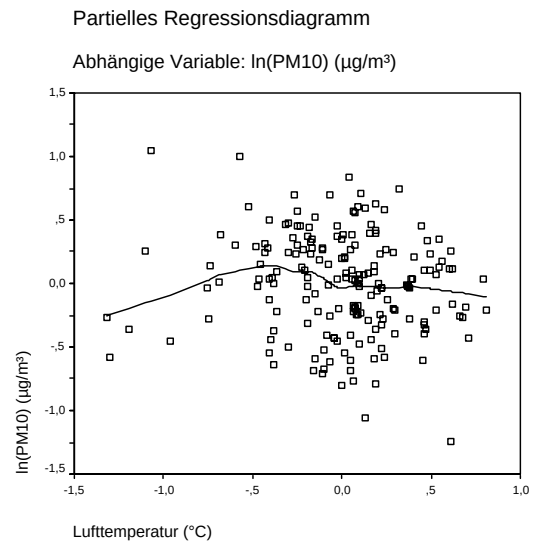
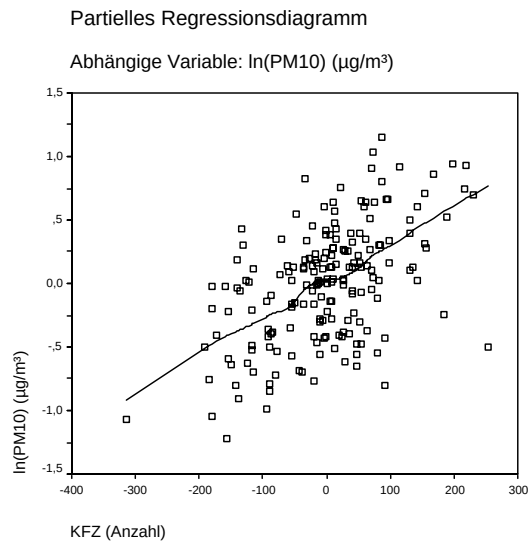


Diagramm 55: Streudiagramme für $\text{LN}(\text{PM}_{10})$ /Parameter der Regression im Winter

5.6.1 Diagnoseplots für die Güte des Modells

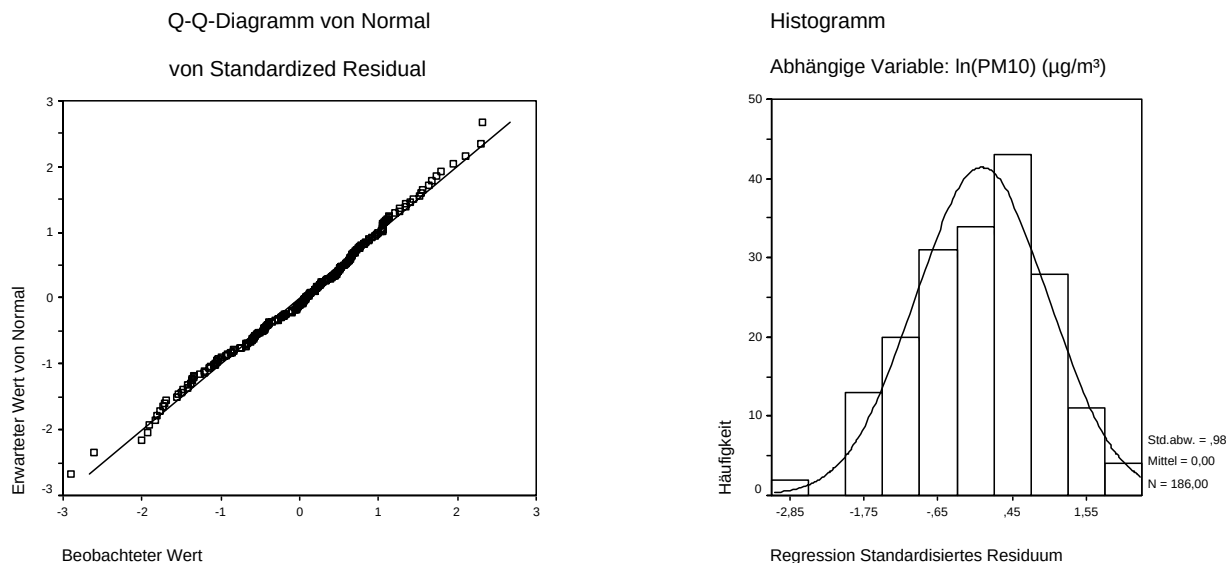


Diagramm 56: Q-Q-Diagramm und Histogramm der standardisierten Residuen im Winter

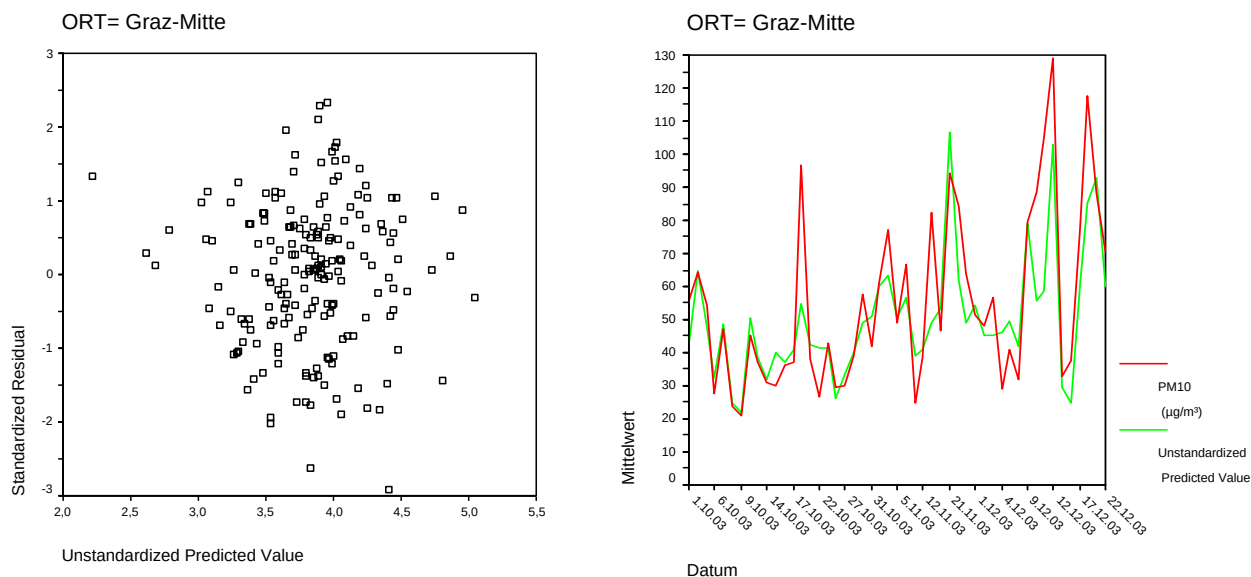


Diagramm 57: Residuenplot und Liniendiagramm $\ln(\text{PM}_{10})/\text{geschätzt-PM}_{10}$ im Winter

Die Residuen sind annähernd normalverteilt, wenn man die Ausreißer ausblendet, und die Daten im Residuenplot weisen eine zufällige Struktur auf. Dies bedeutet, dass keine Modellvoraussetzungen verletzt sind. Weiters werden die Tagesmittelwerte durch die Vorhersagewerte tendenziell gut repräsentiert.

5.7 Modell Tages-/Nachtwerte in Graz-Mitte im Sommer

Bei Hinzunahme der 4-Stunden-Mittelwerte in der Nacht sinkt die Modellgüte von 35% auf ca. 28% ab (Tabelle 13). Die Tagesmittelwerte werden ganz gut wieder gegeben (Diagramm 58).

Tabelle 13: Regression für LN(PM10) an Werktagen in Graz-Mitte im Sommer

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,534 ^a	,285	,275	,43779449	1,498

a. Einflussvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, Temp.diff. G-Schloßb., Lufttemperatur (°C), KFZ (Anzahl), Spitzengeschwindigkeit (m/s), Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	2,95888	,148		20,031	,000
	KFZ (Anzahl)	,00054	,000	,283	6,042	,000
	Lufttemperatur (°C)	,04712	,004	,524	10,601	,000
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,08248	,017	-,228	-4,738	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	-,11126	,016	-,286	-6,788	,000
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,07367	,014	-,284	-5,427	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,04703	,018	-,119	-2,627	,009

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

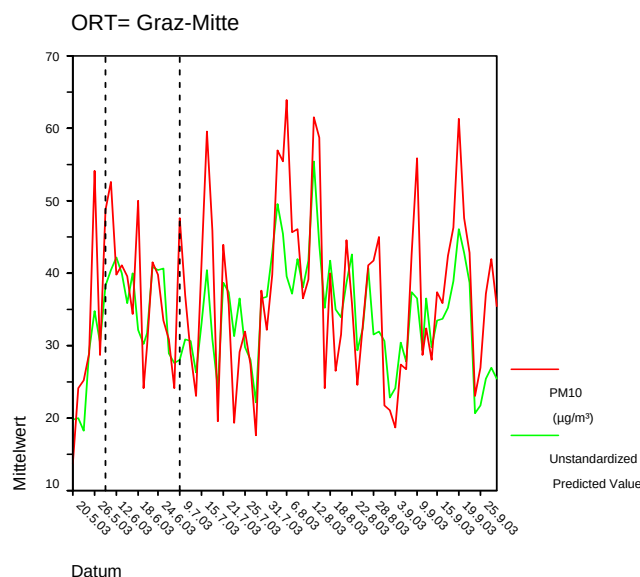


Diagramm 58: Liniendiagramm LN(PM10)/geschätzt-PM10 im Sommer

5.8 Modell Tages-/Nachtwerte in Graz-Mitte im Winter

Bei Hinzunahme der 4-Stunden-Mittelwerte in der Nacht sinkt die Modellgüte von 35% auf ca. 28% ab (Tabelle 14). Die Tagesmittelwerte werden ganz gut wieder gegeben (Diagramm 59).

Tabelle 14: Regression für LN(PM10) an Werktagen in Graz-Mitte im Winter

Modellzusammenfassung^b

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,715 ^a	,512	,501	,44105786	1,375

a. Einflußvariablen : (Konstante), Temp.diff. Kalkl.-Schöckl, Temp.diff. Schloßb.-Kalkl., KFZ (Anzahl), Temp.diff. G-Schloßb., Spitzengeschwindigkeit (m/s), Lufttemperatur (°C)

b. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

Koeffizienten^a

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	3,52713	,089		39,664	,000
	KFZ (Anzahl)	,00194	,000	,579	12,167	,000
	Lufttemperatur (°C)	-,14642	,067	-,1213	-2,196	,029
	Spitzengeschwindigkeit (m/s)	-,22324	,026	-,422	-8,436	,000
	Temp.diff. G-Schloßb.	,06895	,033	1,135	2,065	,040
	Temp.diff. Schloßb.-Kalkl.	-,08964	,016	-,280	-5,447	,000
	Temp.diff. Kalkl.-Schöckl	-,01292	,008	-,075	-1,549	,123

a. Abhängige Variable: ln(PM10) (µg/m³)

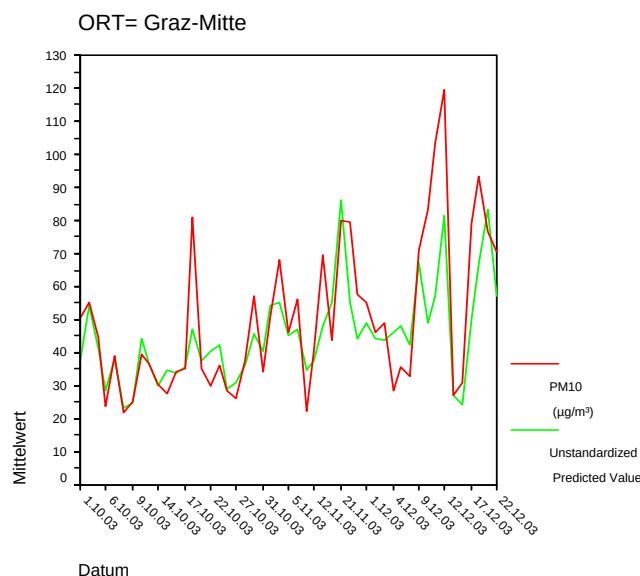


Diagramm 59: Liniendiagramm LN(PM10)/geschätzt-PM10 im Winter

6. PROGNOSEMODELL für Tagesmittelwerte PM10

Ein erstes Prognosemodell für Graz-Mitte beruht auf einer multiplen Regressionsgleichung mit den Vortageswerten von PM10, NO, Lufttemperatur und der mittleren Windgeschwindigkeit, sowie Verkehrsganglinien, in denen der Verkehrsfluss der Woche auf prozentuelle Anteile aufgeteilt wird.

Modellzusammenfassung^{b,c}

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Durbin-Watson-Statistik
1	,740 ^a	,547	,527	15,57642	1,745

a. Einflußvariablen : (Konstante), Verkehr (%), PM10_lag1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Lufttemperatur_lag1 ($^{\circ}\text{C}$), mittlere Windgeschwindigkeit_lag1 (m/s), NO_lag1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

b. Abhängige Variable: PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

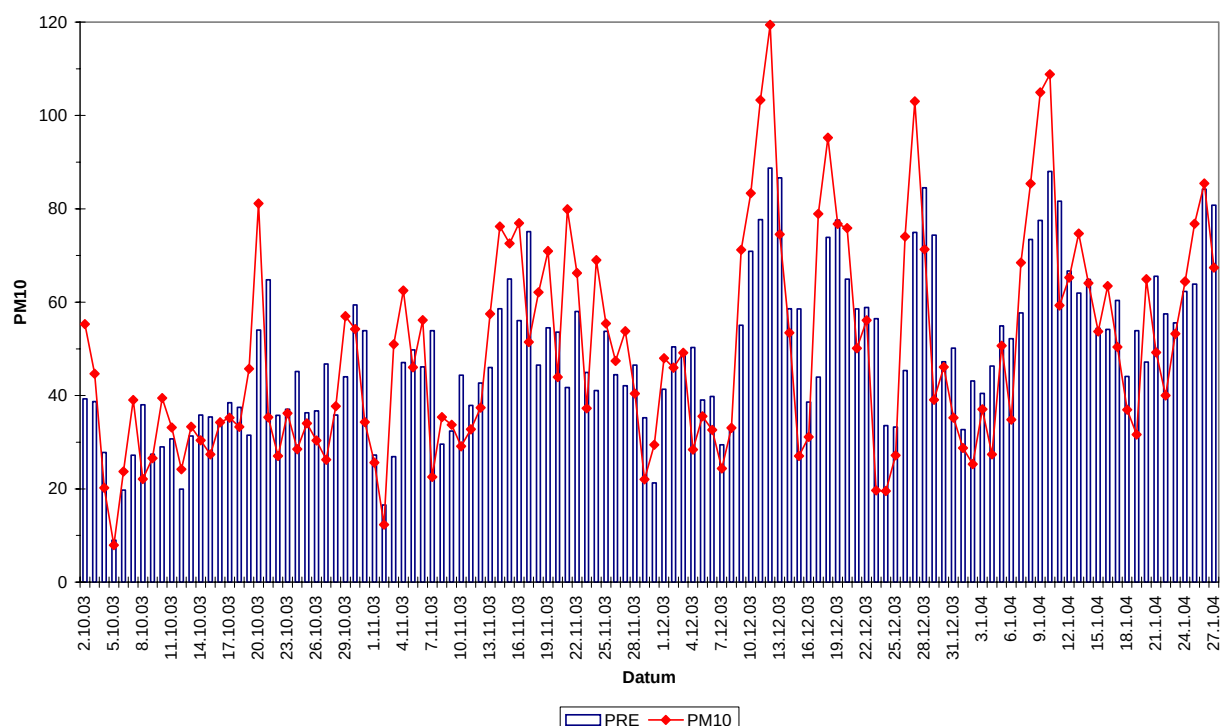
c. Ort = Graz-Mitte

Koeffizienten^{a,b}

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	7,17091	10,220		,702	,484
	PM10_lag1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	,61085	,107	,609	5,687	,000
	NO_lag1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-,04804	,057	-,083	-,839	,403
	Lufttemperatur_lag1 ($^{\circ}\text{C}$)	-1,24747	,321	-,279	-3,891	,000
	mittlere Windgeschwindigkeit_lag1 (m/s)	-5,97334	6,940	-,064	-,861	,391
	Verkehr (%)	1,68229	,523	,206	3,214	,002

a. Abhängige Variable: PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

b. Ort = Graz-Mitte



$$\text{PRE}(\text{PM10}) = 7,17 + 0,6 \times \text{PM10_lag1} - 0,05 \times \text{NO_lag1} - 1,25 \times \text{T_lag1} - 5,97 \times \text{MWG_lag1} + 1,68 \times \text{KFZ}$$

Die Variable PRE bestimmt den prognostizierten PM10-Tagesmittelwert, ohne Berücksichtigung der Wetterprognose. Dadurch liegen die Vorhersagewerte an Tagen mit Inversion meist unter den tatsächlich gemessenen Werten (PM10). Durch Multiplikation der Variable PRE mit einem konstanten Faktor wird die Inversionsvariable INV erzeugt, welche die erhöhten Werte an Inversionstagen recht gut wiederzugeben scheint (siehe folgende Tabelle). **Der Großteil der vorhergesagten PM10-TMW liegt im gleichen Bereich wie die beobachteten PM10-TMW.**

PM10-Werte unter 20 µg/m³ sind hellblau, von 20 - 40 µg/m³ dunkelblau, von 40 - 60 µg/m³ violett und Werte über 60 µg/m³ sind rot markiert.

	Datum	PRE	PM 10	INV
R	02.10.2003	39,24	55,31	51,01
R	03.10.2003	38,69	44,67	
R	04.10.2003	27,80	20,19	
R	05.10.2003	8,98	7,94	
	06.10.2003	19,74	23,70	
R	07.10.2003	27,19	39,06	35,35
R	08.10.2003	38,01	22,13	
	09.10.2003	27,41	26,53	
R	10.10.2003	28,99	39,43	37,69
	11.10.2003	30,71	33,14	39,93
	12.10.2003	19,93	24,18	
	13.10.2003	31,35	33,31	
	14.10.2003	35,78	30,40	
	15.10.2003	35,40	27,38	
	16.10.2003	33,95	34,23	
	17.10.2003	38,48	35,23	
	18.10.2003	37,43	33,29	
	19.10.2003	31,51	45,75	
	20.10.2003	54,01	81,16	
R	21.10.2003	64,80	35,32	
R	22.10.2003	35,76	27,05	
R	23.10.2003	37,05	36,19	
R	24.10.2003	45,15	28,49	
	25.10.2003	36,28	34,03	
	26.10.2003	36,69	30,34	47,69
	27.10.2003	46,76	26,23	
	28.10.2003	35,80	37,70	
	29.10.2003	44,01	56,98	
R	30.10.2003	59,41	54,22	
	31.10.2003	53,90	34,29	
	01.11.2003	27,26	25,59	
	02.11.2003	16,51	12,33	
	03.11.2003	26,90	50,96	34,97
	04.11.2003	47,06	62,48	61,18
	05.11.2003	49,75	46,05	64,68
	06.11.2003	46,11	56,14	
	07.11.2003	53,88	22,57	
	08.11.2003	29,58	35,37	
	09.11.2003	32,41	33,71	
	10.11.2003	44,37	29,10	
	11.11.2003	37,91	32,74	
	12.11.2003	42,67	37,40	
	13.11.2003	46,01	57,45	
	14.11.2003	58,56	76,22	
	15.11.2003	64,96	72,58	84,45
	16.11.2003	56,06	76,94	72,87
	17.11.2003	75,09	51,45	97,62
	18.11.2003	46,51	62,14	60,47
	19.11.2003	54,49	70,96	70,84
	20.11.2003	53,55	43,96	69,62
	21.11.2003	41,72	79,90	54,23
	22.11.2003	57,99	66,26	75,38
	23.11.2003	44,95	37,25	58,43
	24.11.2003	41,06	69,01	53,38
	25.11.2003	53,73	55,42	69,85
	26.11.2003	44,46	47,42	57,79
	27.11.2003	42,08	53,79	
	28.11.2003	46,55	40,43	
	29.11.2003	35,21	22,01	
	30.11.2003	21,26	29,43	
	01.12.2003	41,36	47,99	
	02.12.2003	50,43	45,96	
	03.12.2003	49,43	49,15	
	04.12.2003	50,31	28,42	
	05.12.2003	39,06	35,53	
	06.12.2003	39,79	32,60	51,72
	07.12.2003	29,44	24,36	
	08.12.2003	32,55	33,05	
	09.12.2003	55,02	71,19	71,52
	10.12.2003	70,88	83,37	
	11.12.2003	77,68	103,30	
	12.12.2003	88,70	119,41	115,31
	13.12.2003	86,61	74,53	112,59
	14.12.2003	58,59	53,43	76,17
	15.12.2003	58,54	27,02	
	16.12.2003	38,58	31,09	
	17.12.2003	43,96	78,91	57,15
	18.12.2003	73,88	95,23	96,04
	19.12.2003	77,61	76,74	100,89
	20.12.2003	64,92	75,84	84,39
	21.12.2003	58,54	50,13	
	22.12.2003	58,85	56,08	
	23.12.2003	56,44	19,68	
	24.12.2003	33,54	19,54	
	25.12.2003	33,24	27,15	43,21
	26.12.2003	45,35	74,05	58,96
	27.12.2003	74,94	103,02	97,42
	28.12.2003	84,50	71,31	109,85
	29.12.2003	74,38	39,06	
	30.12.2003	47,25	46,10	
	31.12.2003	50,16	35,25	

7. ANHANG: KFZ - Auswertungen

7.1 Analyse aller Messstellen

Herr Ing. Koller vom Umweltamt der Stadt Graz hat uns für den Zeitraum Juni bis Dezember 2003 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 28 Wochen zwischen 45% (8.6.03) und 98% (17.8.03) der Durchschnittsfrequenzen der Freitage liegen. Der **Großteil** der **Sonntagsfrequenzen** liegt bei ca. **60% der Freitagsfrequenzen**.

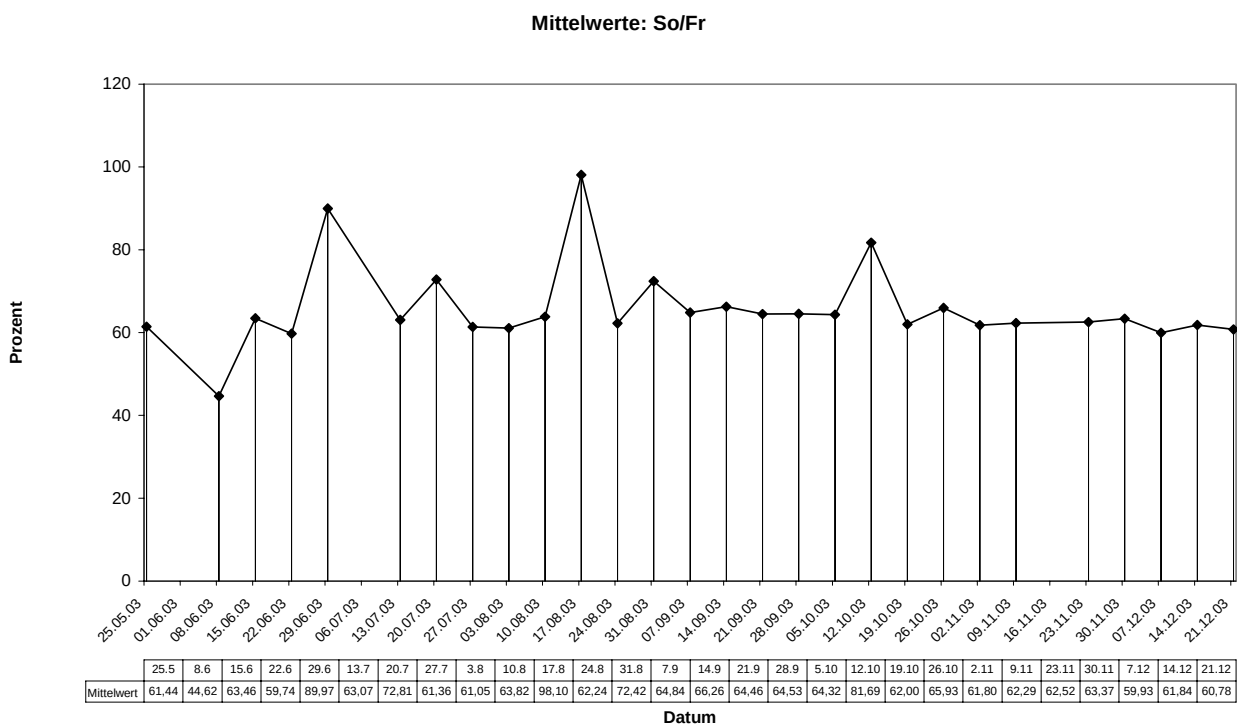


Diagramm A: Tagesmittelwerte der Verkehrsfrequenzen für alle Messstellen:
Sonntags-/Freitagsmittelwerte in %

Die Profile der Tage 20.6./22.6. und 12.9./14.9.03 bezüglich der 51 Fahrspuren zeigen 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 59,7%, wobei der Mittelwert für Graz-Mitte bei 49,6%, für Graz-Nord bei 57,5%, für Graz-Don Bosco bei 62,1% und für Graz-Ost bei 66,2% liegt.

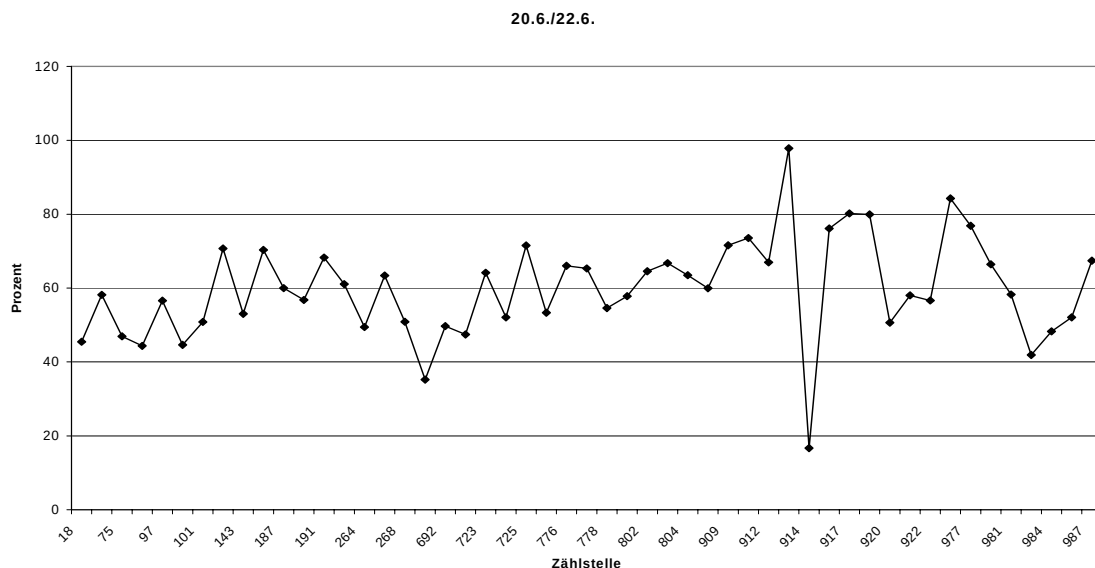


Diagramm B: Fahrspuren-Mittelwertsvergleich bzgl. 20.6.03 und 22.6.03

Im Diagramm C ist der durchschnittliche Verkehr am Sonntag höher. Der Gesamtmittelwert liegt hier 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.

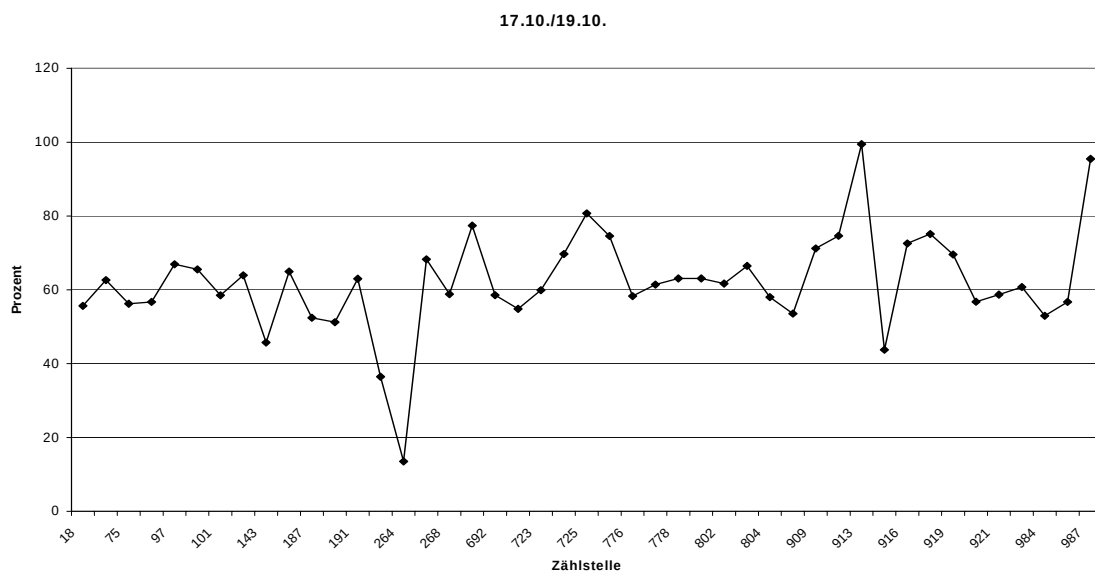


Diagramm C: Fahrspuren-Mittelwertsvergleich bzgl. 17.10.03 und 19.10.03

7.2 Analysen für Graz-Nord

In Graz-Nord wurde die Kreuzung Wienerstraße - Kalvariengürtel (VSR-Nr.185, 187, 189 und 191) herangezogen. Der Verkehrsverlauf ist über die Zeitperioden ziemlich gleichmäßig.

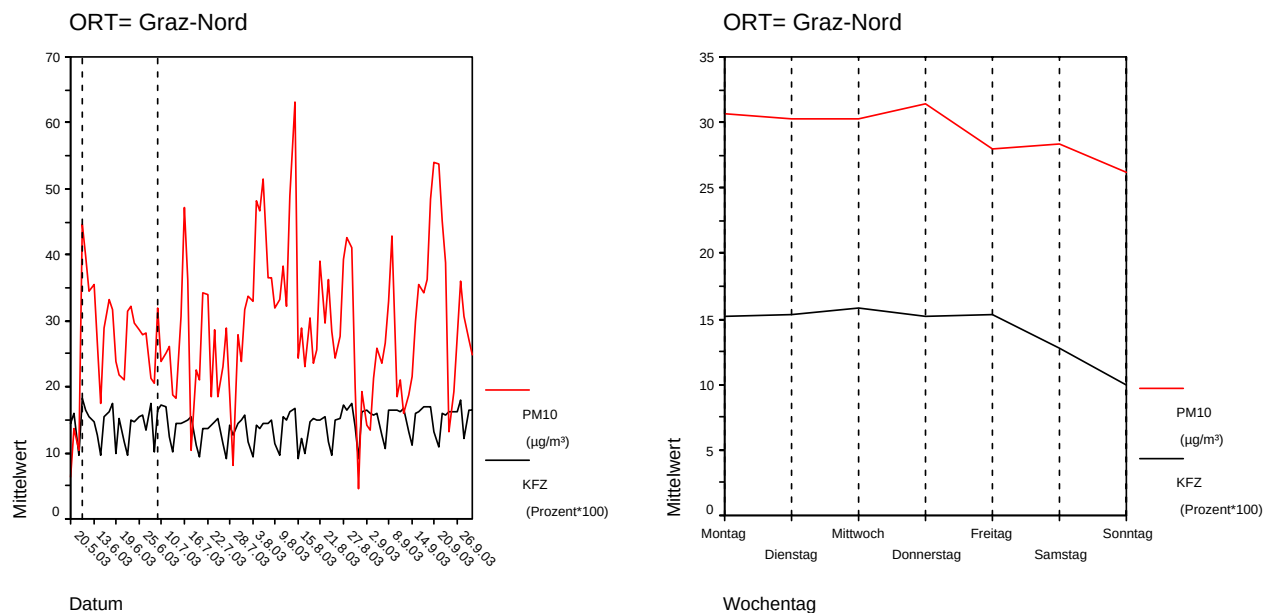


Diagramm 1a: Liniendiagramme der Kfz und PM10 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord im Sommer

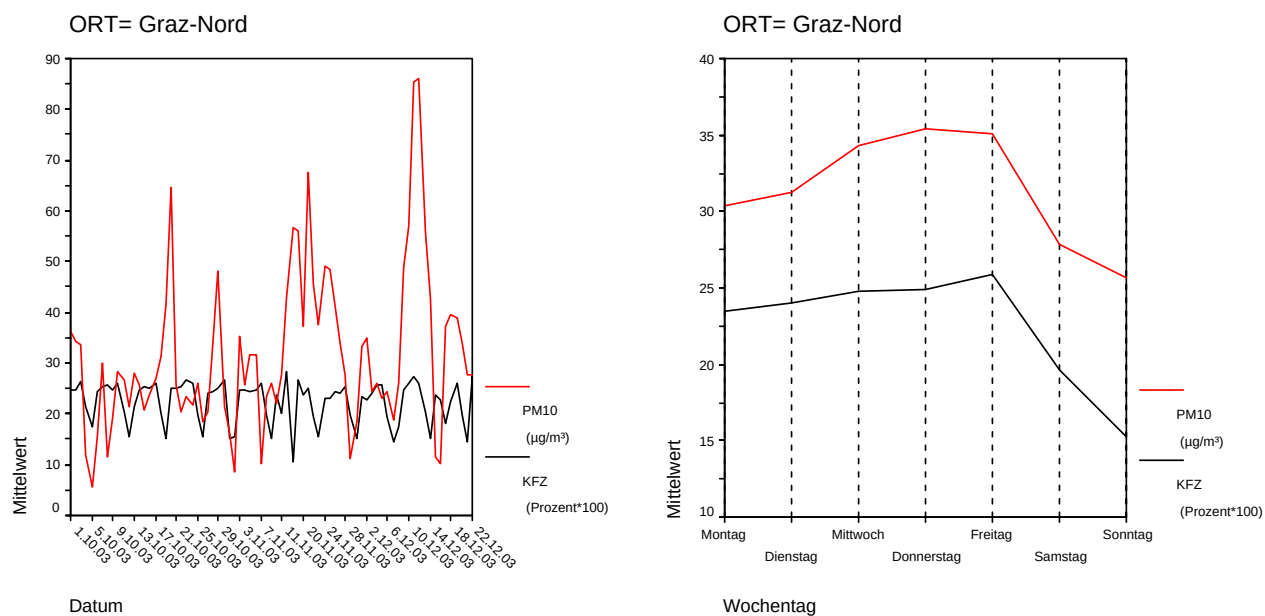
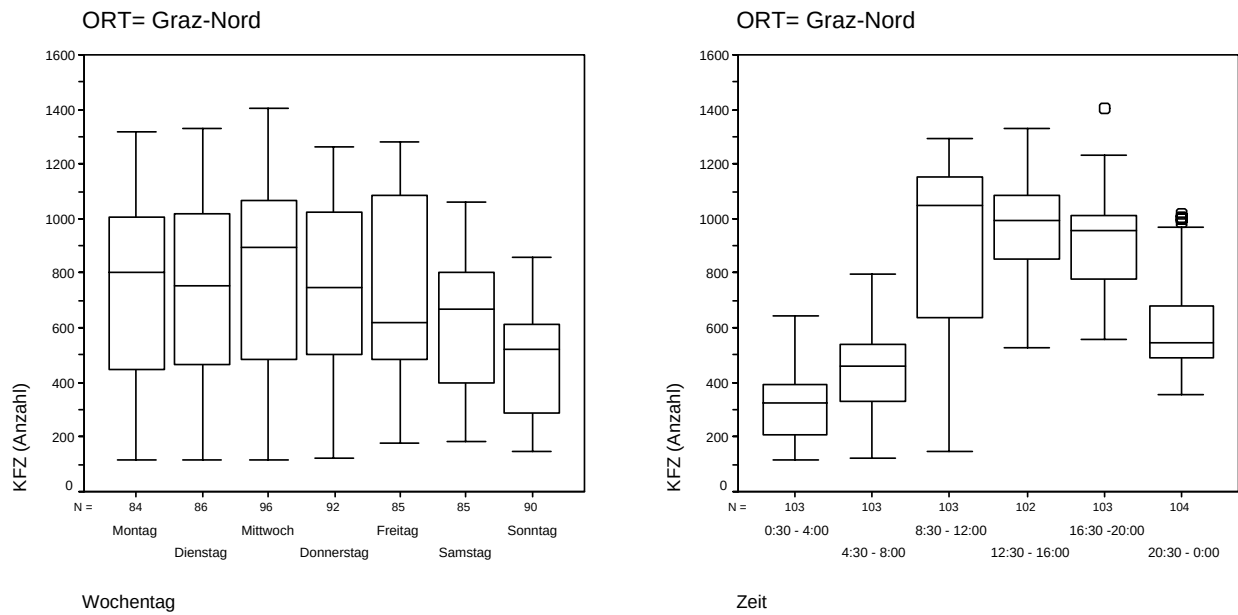
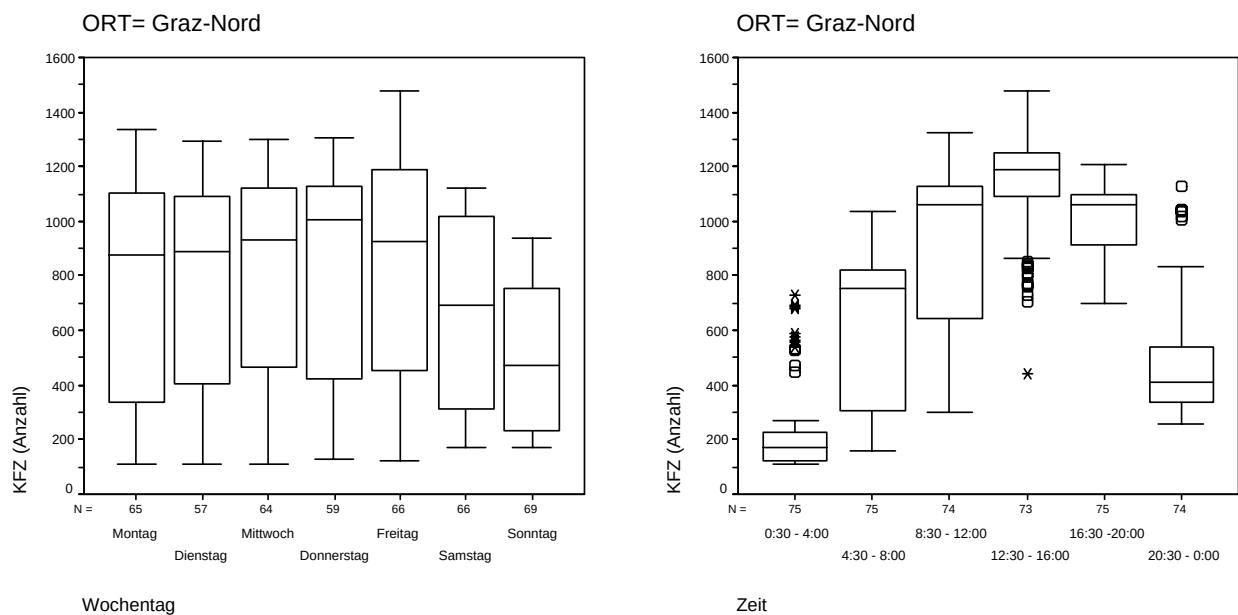


Diagramm 2a: Liniendiagramme der Kfz und PM10 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord im Winter

Sommer**Diagramm 3a: Boxplots des Verkehrs in Graz-Nord im Sommer****Winter****Diagramm 4a: Boxplots des Verkehrs in Graz-Nord im Winter**

7.3 Analysen für Graz-Mitte

Für die Auswertung des Verkehrs wurde die Kreuzung Grieskai-Belgiergasse-Griesgasse (VSR-Nr. 95, 97, 99 und 101) herangezogen. Zu beachten sind die Verkehrsspitzen Mitte Juni, Ende Juli und in den ersten beiden Septemberwochen (Schulbeginn!), die mit bestimmten Ereignissen in Zusammenhang zu bringen sind.

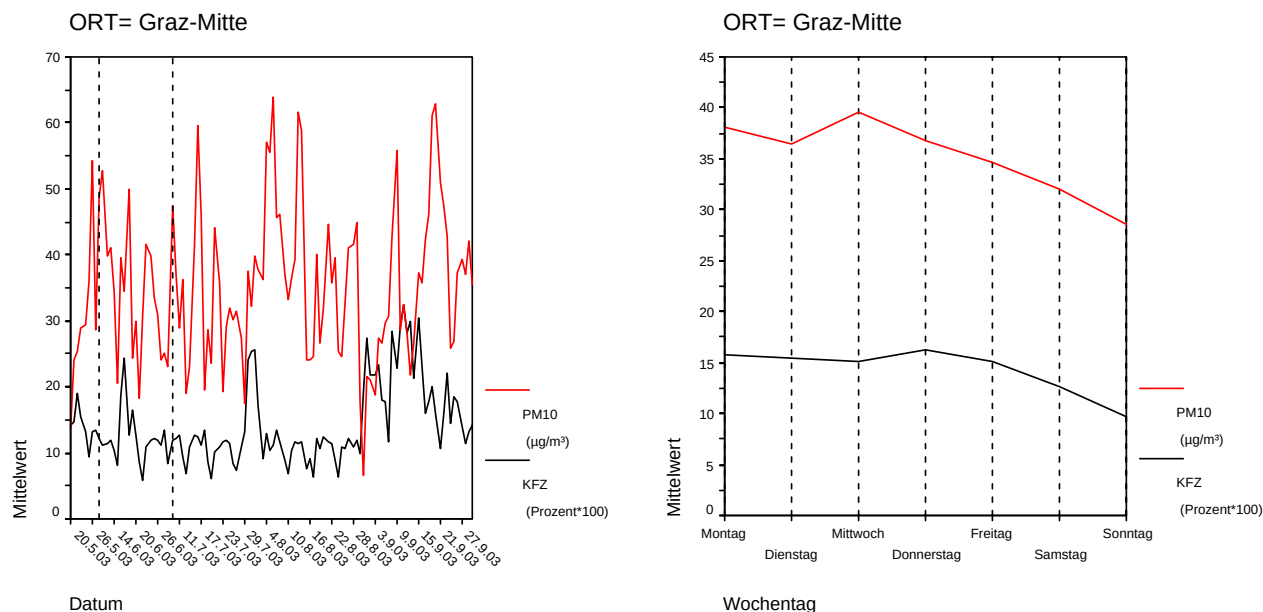


Diagramm 1b: Liniendiagramme der Kfz und PM10 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte im Sommer

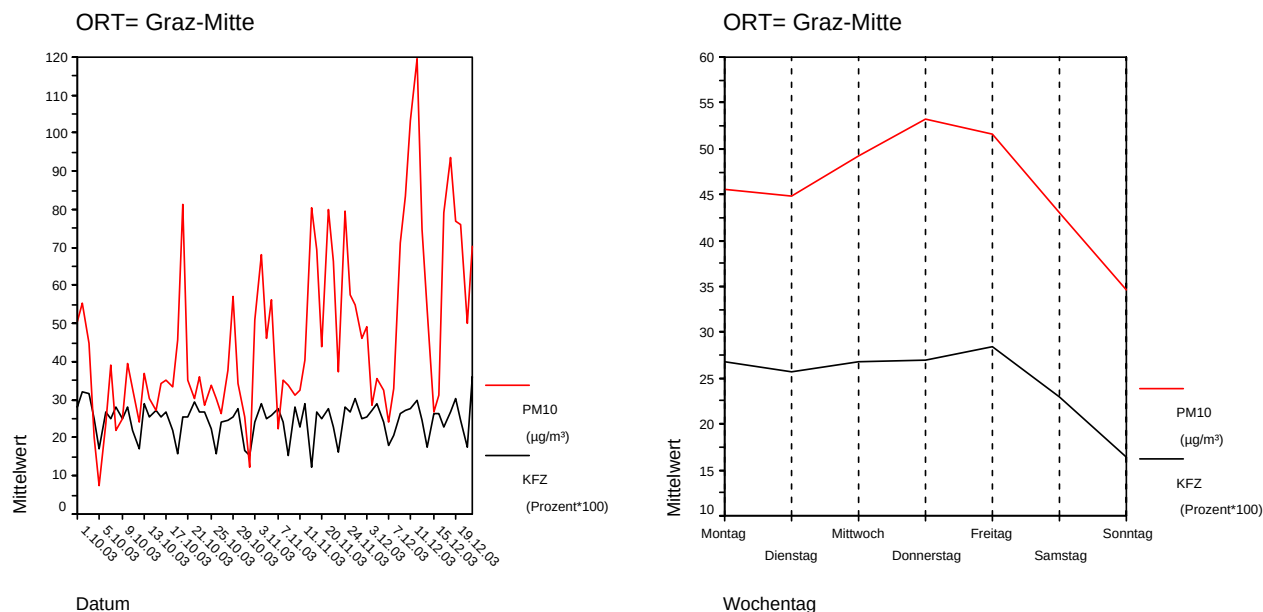


Diagramm 2b: Liniendiagramme der Kfz und PM10 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte im Winter

Sommer

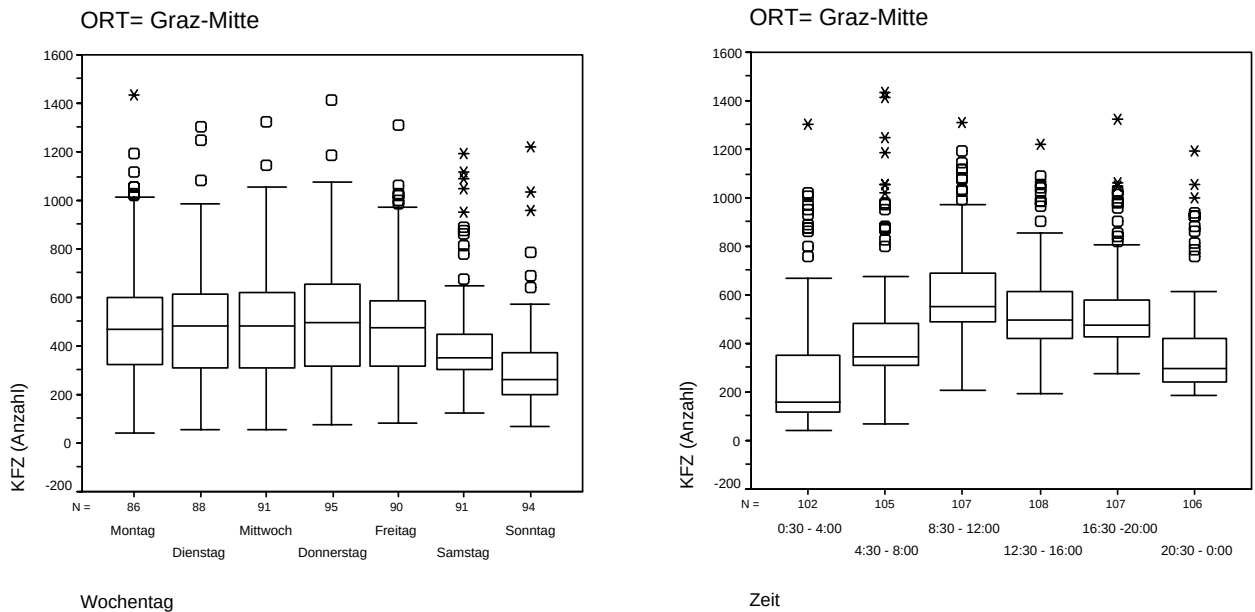


Diagramm 3b: Boxplots des Verkehrs in Graz-Mitte im Sommer

Winter

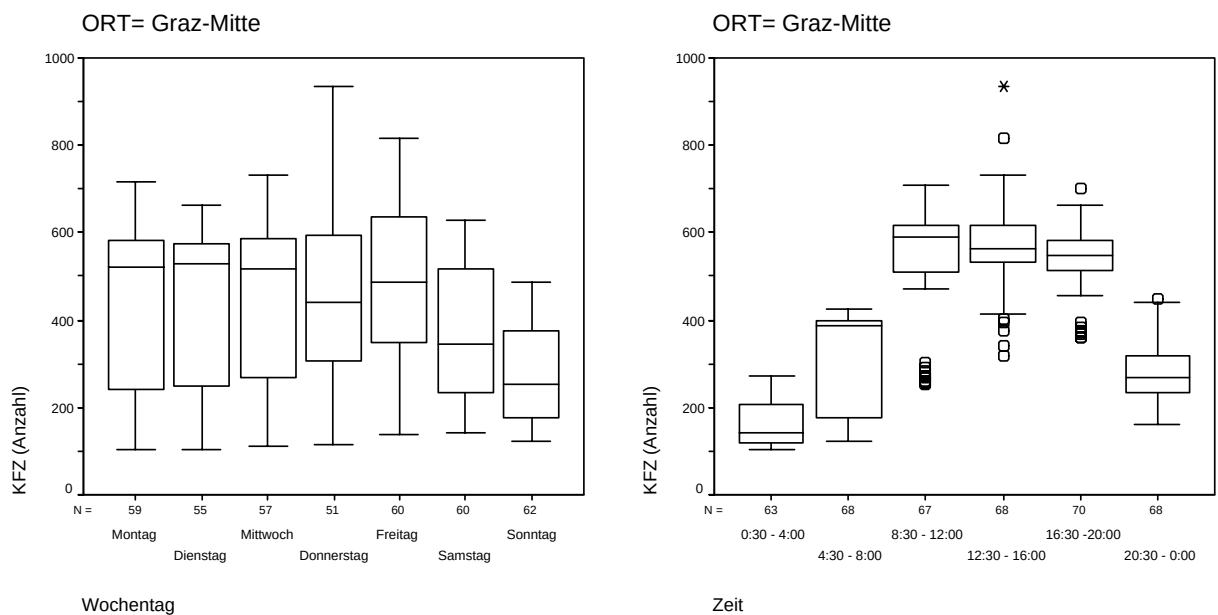


Diagramm 4b: Boxplots des Verkehrs in Graz-Mitte im Winter

8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Graz-Nord

Die charakteristischen Tagesverläufe von PM10 an Werktagen und Sonntagen sind sehr ähnlich, mit merkbar niedrigeren Werten am Sonntag zwischen 6:30 und 16:30 Uhr. Der Kfz-Verkehr am Sonntag in der Nacht (0:30 - 2:00 Uhr) ist höher als an Werktagen. In diesem Zeitraum sind auch die PM10-Werte in Graz-Nord an Werktagen und Sonntagen annähernd gleich. Zwischen 18:30 und 0:00 Uhr trifft dies auch zu.

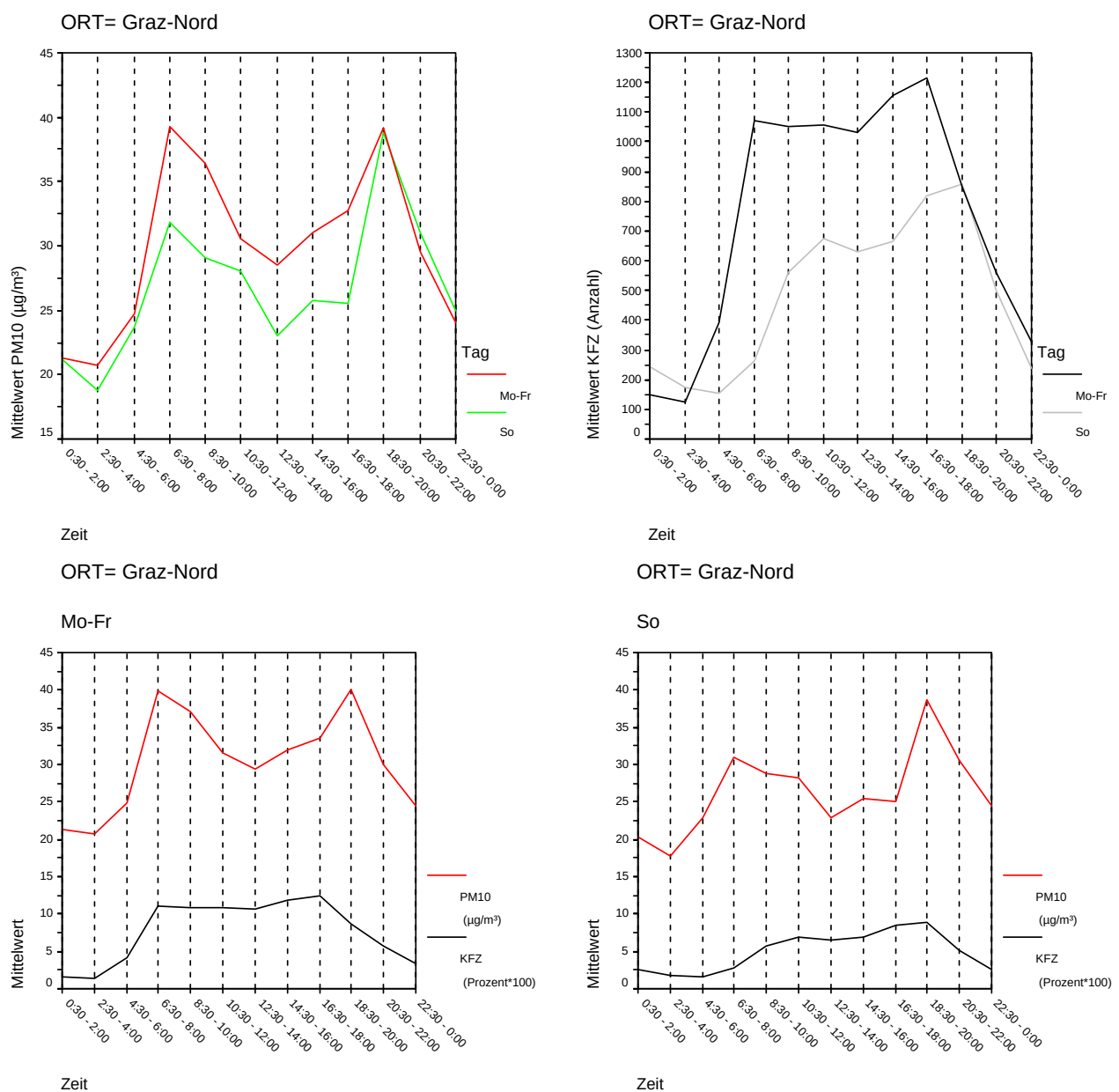


Diagramm a: Liniendiagramme der PM₁₀ und Kfz 2-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Sommer

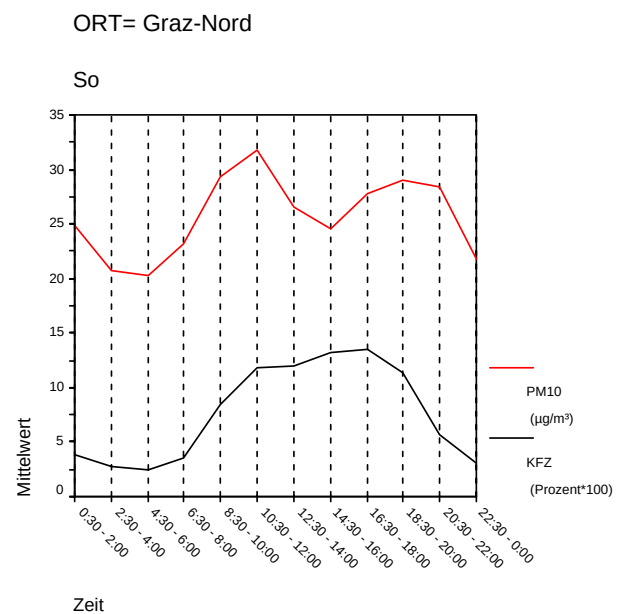
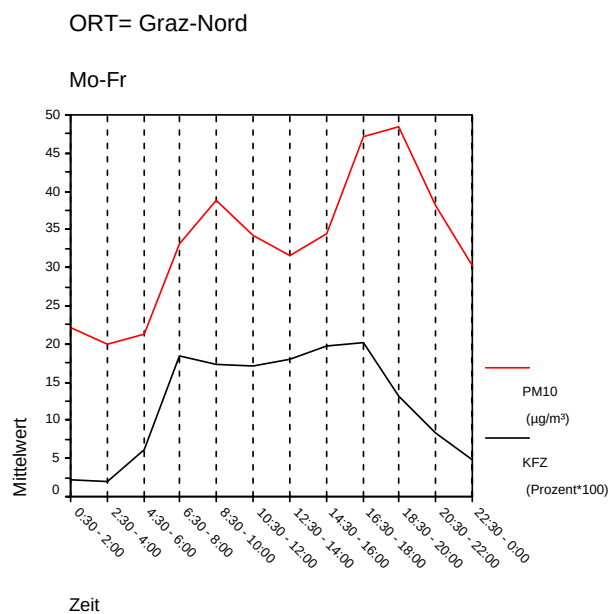
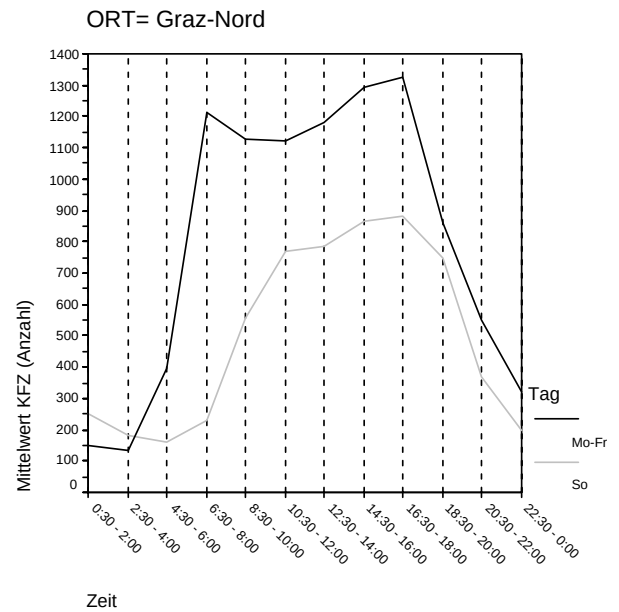
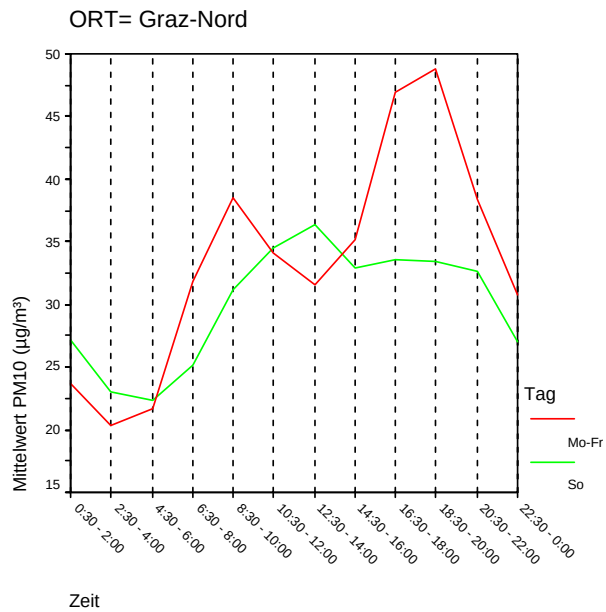


Diagramm b: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 2-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Nord im Winter

Graz-Mitte

Die Tagesverläufe von PM10 an Werktagen und Sonntagen sind ähnlich, wobei am Sonntag das Niveau bis auf 55% des Werktag-Niveaus absinkt. Die Verläufe der Kfz-Frequenz sind zwischen 0:30 und 6:30 Uhr verschieden (Anstieg an Werktagen, Abfall an Sonntagen), sonst vergleichbar. Auffallend ist der starke Abfall der PM10-Werte zwischen 12:30 und 14:00 Uhr (**Mittagstief**) an Werktagen (55% des 2-Stunden-MW 8:30-10:00 Uhr), wogegen die Verkehrsfrequenz nur auf 86% zurückgeht. An Sonntagen ist das gleiche Phänomen beobachtbar.

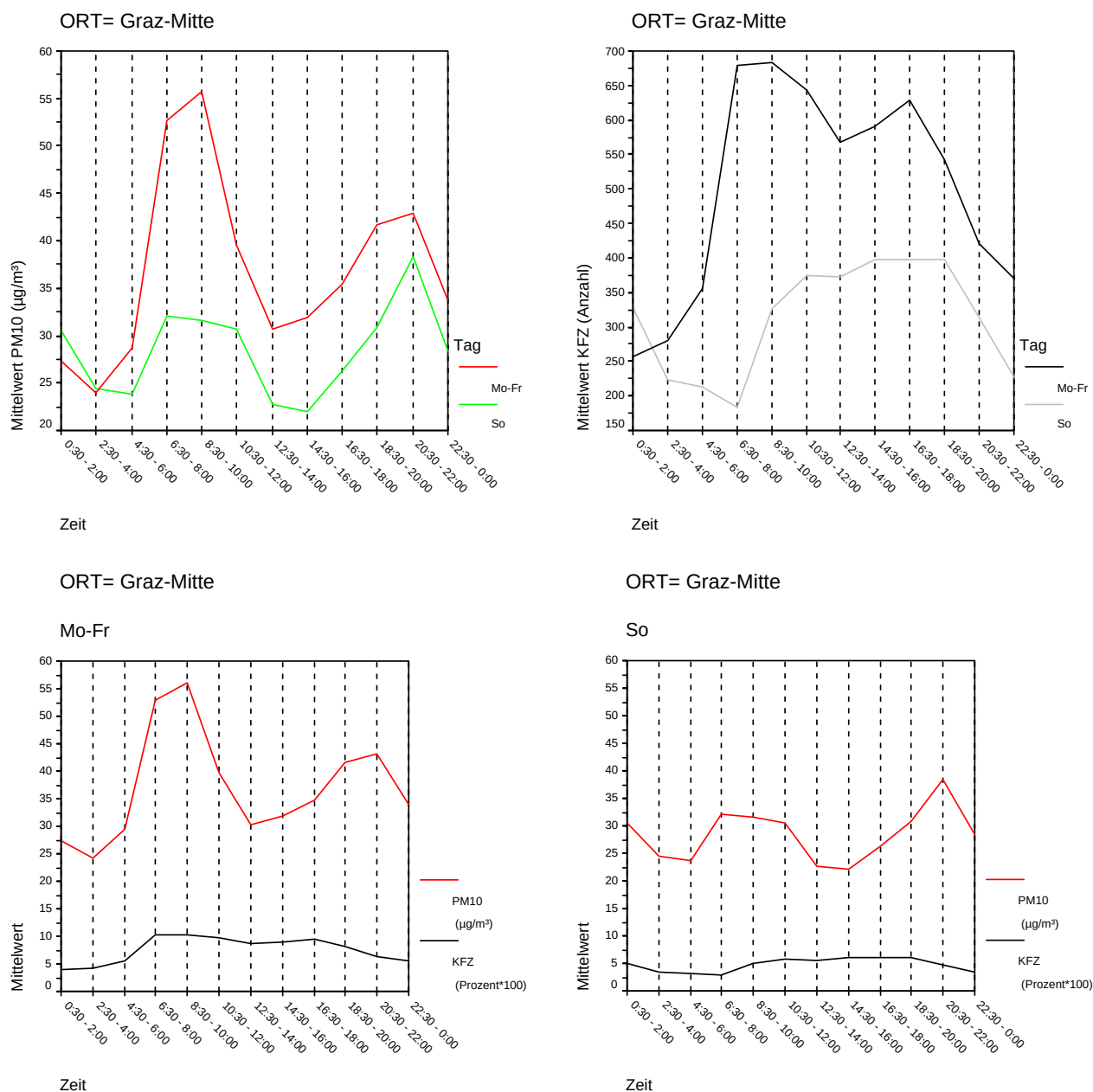


Diagramm c: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 2-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Sommer

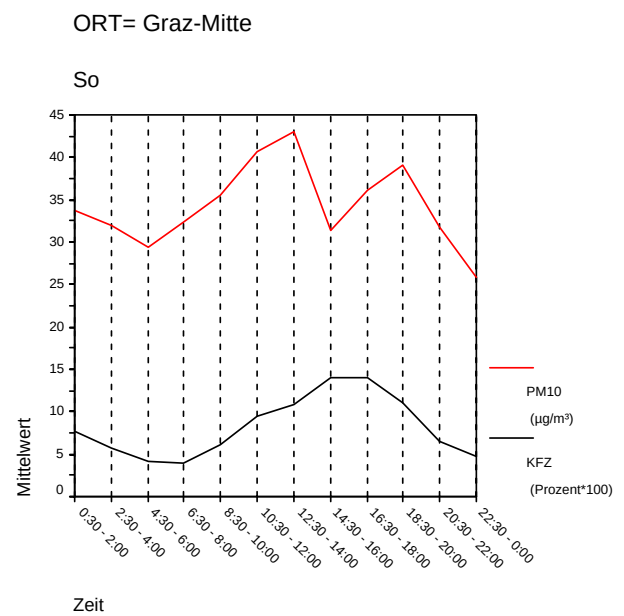
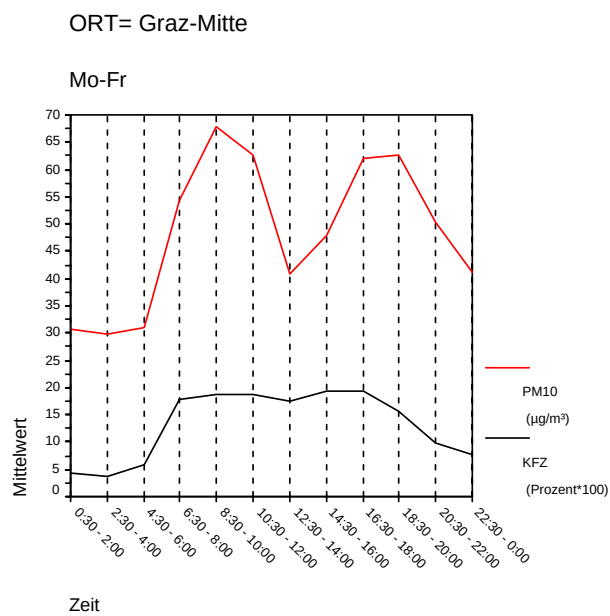
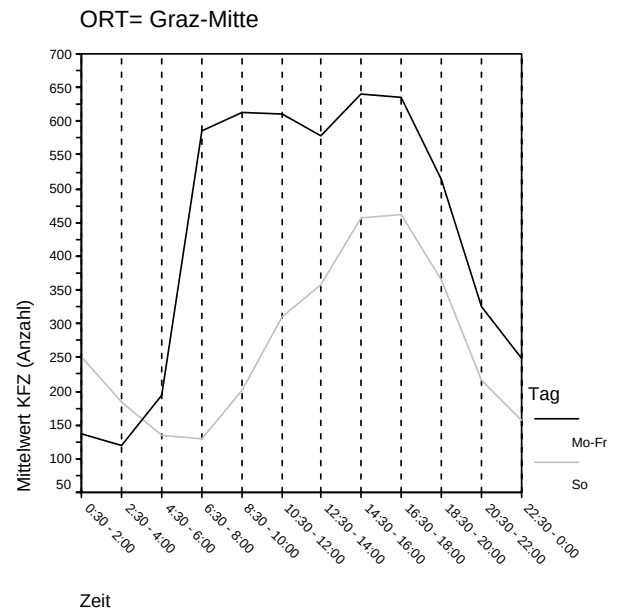
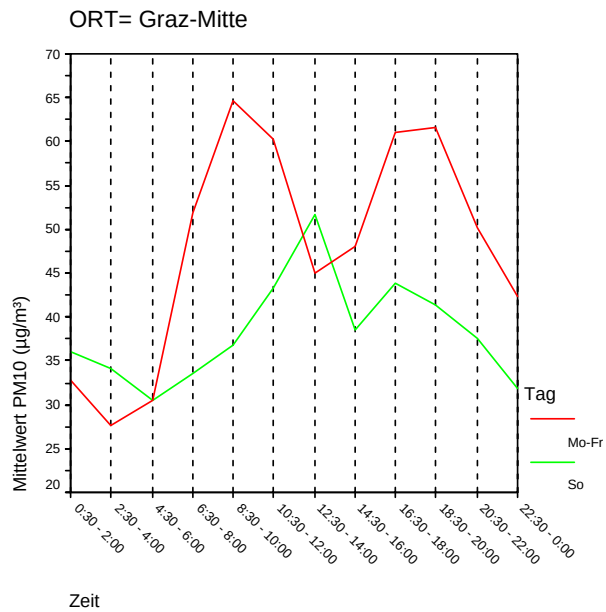


Diagramm d: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 2-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Mitte im Winter

Graz-Ost, Graz-Don Bosco, Graz-Süd

Von diesen drei Messorten liegen leider keine geeigneten Daten des Kfz-Verkehrs vor, so dass hier kein Vergleich der PM10-Daten mit Verkehrsdaten möglich ist. Wichtig wäre speziell für Don Bosco ausreichend genauer Verkehrsdaten zur Verfügung zu haben.

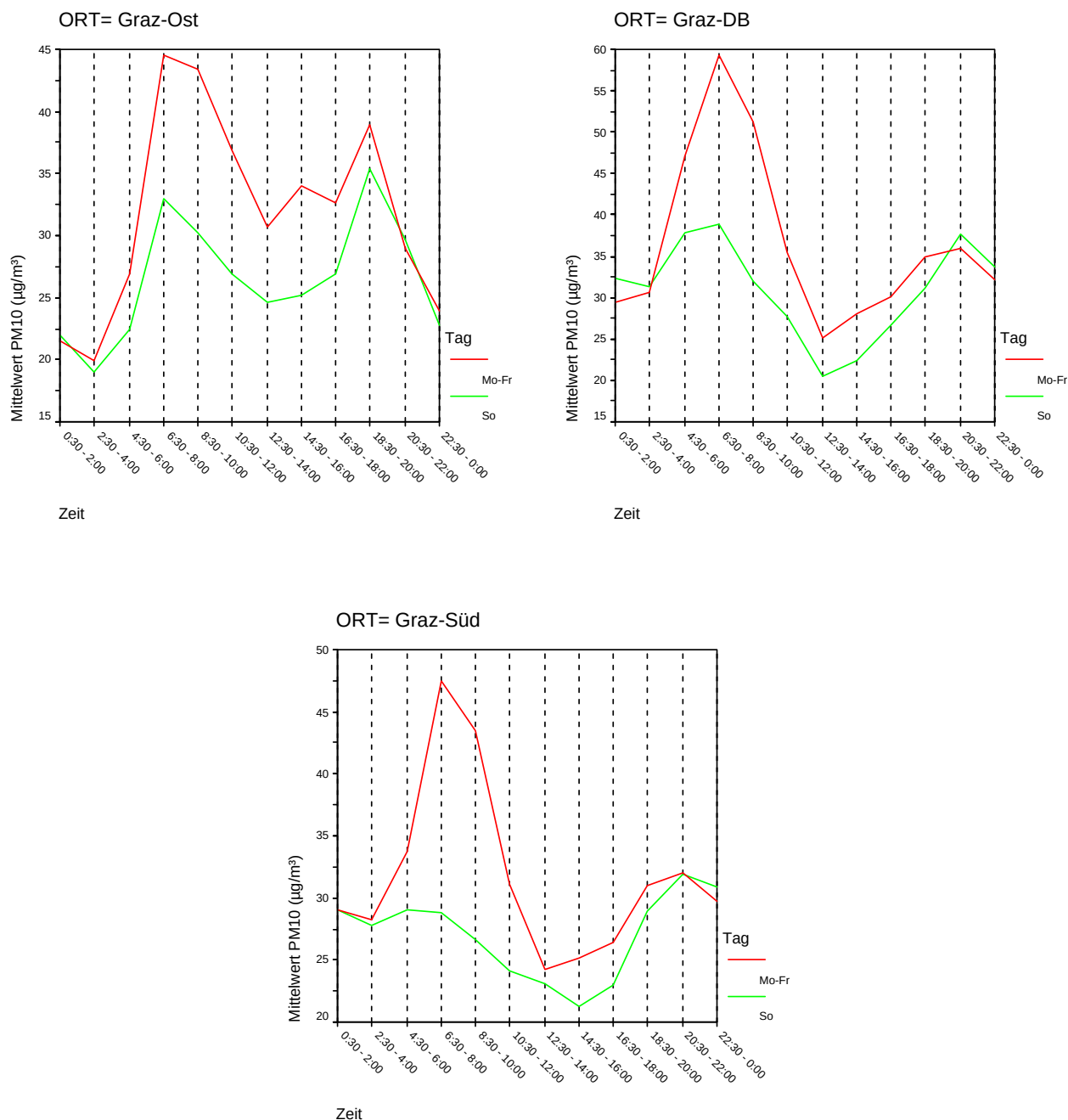


Diagramm e: Liniendiagramme der PM10 2-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Ost, Graz-DB und Graz-Süd im Sommer

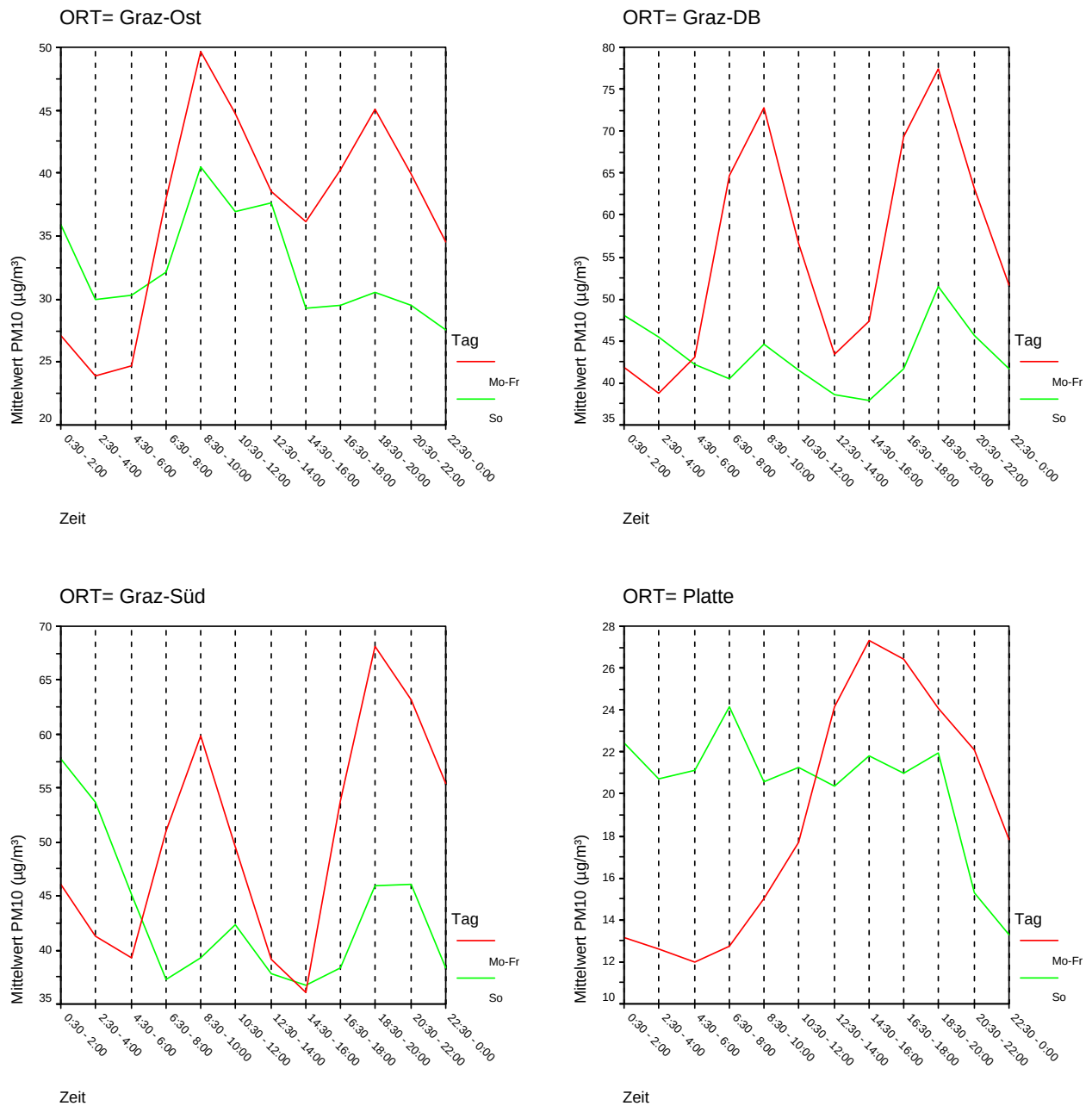


Diagramm f: Liniendiagramme der PM10 2-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/Sonntage in Graz-Ost, Graz-DB, Graz-Süd und auf der Platte im Winter

Schlussbemerkungen

Das so genannte **Mittagstief der PM10-Werte** ist an allen Messorten sichtbar. Am stärksten ist es in Graz-Don Bosco ausgeprägt (MW 12:30 - 14:00 Uhr ist nur 42% vom MW 6:30 - 8:00 Uhr). Eine Erklärung dieses Effekts ist noch offen. Hier könnten klimatische Faktoren und eine Änderung der Zusammensetzung des Verkehrs (niedrigerer LKW-Anteil an Wochentagen?) eine Rolle spielen. Für die Klärung dieser Frage sind Daten über den LKW-Anteil im Tagesverlauf notwendig, die uns leider noch nicht vorliegen.

Erstaunlich ist, dass in der betrachteten, bisher immer als harmlos angesehenen Zeitperiode von Mai bis September 2003 bereits **15 Überschreitungen** (also fast die Hälfte der erlaubten Überschreitungen pro Jahr) des PM10 Grenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu registrieren waren (siehe Tabelle 2).

Im Zeitraum Oktober bis Dezember 2003 kam es an **43 Tagen** zu Überschreitungen, die zu 81% an Tagen mit Inversionswetterlagen auftraten (Tabelle 3). Die Analysen zeigen weiters, dass bei **Inversionswetterlage** eine **starke Abhängigkeit der PM10-Belastung von der Kfz-Frequenz** vorliegt, während dies an inversionsfreien Tagen nicht der Fall ist (Diagramme 36 und 43).

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

Bemerkenswert ist, dass an Überschreitungstagen in Graz-Mitte der Grenzwert im Mittel um 40% und in Graz Don-Bosco gar um 59% überschritten wird.

Ein erstes **grobes Prognosemodell** für den **PM10-TMW des Tages x** mit den PM10-TMW und der Lufttemperatur des Tages x-1, sowie des zu erwartenden Kfz-Anteils des Tages x, liefert bereits **erstaunlich gute Ergebnisse**. Die Skalierung des Prognosewertes mit einem Faktor bei prognostizierter Inversionswetterlage liefert noch eine weitere Verbesserung der Vorhersage.

An weiteren Analysen sind geplant

- Verfeinerung des Prognosemodells mit Daten von Oktober 2003 bis März 2004.
- Abschätzen des Belastungspotentials von PM10 durch Aufspalten in mehrere Bestandteile
 - PM10-Messwert Platte: regionaler Hintergrund
 - PM10-Messwert Graz-Nord: urbaner Hintergrund
 - PM10-Messwert Graz Don-Bosco (Graz-Mitte): lokale Verkehrsbelastung
- Studium des Zusammenhangs von PM10 und NOx in Abhängigkeit von Kfz-Verkehr und Wetterlage
- Einbinden von Daten über den Tagesverlauf des LKW-Anteils