

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

FEINSTAUBMESSUNGEN FL

ZWISCHENBERICHT MESSUNGEN IN SCHAAN, HERBST/WINTER 2005 / 06



Acontec AG

Im Bretscha 28
FL-9494 Schaan

Telefon +423 230 07 88
Telefax +423 230 07 89

info@acontec.com
www.acontec .com

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ZUSAMMENFASSUNG	1
2.	FEINSTAUB PM10	3
3.	AUFGABE	3
4.	GRUNDLAGEN	4
4.1.	Messstandort	4
4.2.	Messgerät	4
4.3.	Messdauer	4
4.4.	Qualitätssicherung	4
5.	RESULTATE	5
5.1.	Tagesmittelwerte	5
5.2.	Kurzzeitbelastungen	6
5.3.	Wochengang	7
5.4.	Tagesgang	7
5.5.	Vergleich mit anderen Messstandorten	9
ANHANG 1	PM10-TAGESMITTELWERTE	12
ANHANG 2	FOTODOKUMENTATION MESSSTANDORT	13

IMPRESSUM:

Herausgeber: Amt für Umweltschutz Liechtenstein
 Inhalt: Acontec AG, Schaan
 Messungen: Acontec AG, Schaan
 Auswertungen: J. Beckbissinger; Acontec AG
 Bezug: Amt für Umweltschutz
 Postfach 684
 9490 Vaduz
 www.afu.llv.li

1. ZUSAMMENFASSUNG

Seit Mai 2005 wird am Standort „Vaduz Austrasse“ kontinuierlich Feinstaub (PM10) gemessen. Davor befand sich diese Messstation in „Vaduz Mühleholz“. Anhand einer 3 mal 4 Monate dauernden PM10-Messkampagne soll ein Überblick über möglicherweise stärker belastete Standorte in Liechtenstein erhalten werden. Nach den Messungen am Standort Eschen Essanestrasse von Juni bis Oktober 2005 wurden vom 1. November 2005 bis zum 19. Februar 2006 in Schaan an der Lindenkreuzung Feinstaubmessungen durchgeführt.

Der Tagesmittelgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in der 111 Tage dauernden Messkampagne insgesamt 42 mal überschritten. Nebst der hohen Zahl an Überschreitungen wurden zeitweise auch sehr hohe Belastungen mit Tagesmittelwerten von über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert. Am 31. Januar 2006 wurde gar ein Tagesmittel von $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, was einer 3.8-fachen Grenzwertüberschreitung entspricht. Derart hohe Feinstaubkonzentrationen sind die Folge langanhaltender, d.h. über mehrere Tage dauernden, bodennaher Inversionslagen, in denen sich die Schadstoffe anreichern. Diese mit Luftschadstoffen angereicherte Luft kann nach oben nicht entweichen und wird auch horizontal infolge geringer Windgeschwindigkeiten nur schlecht abtransportiert bzw. verdünnt. Der Jahresmittelwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dürfte am Standort Schaan Lindenkreuzung basierend auf Vergleichen mit Messwerten benachbarter Standorte deutlich überschritten werden.

Die Kurzzeitbelastungen lagen während 80% der Messdauer über dem Jahresmittelgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und während 42% über dem Tagesmittelgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sogar Konzentrationen von über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden noch mit einer Häufigkeit von 15% überschritten.

An Werktagen wurden höhere Feinstaubbelastungen als am Wochenende registriert. Die Unterschiede sind jedoch infolge der langanhaltenden Inversionslagen, während denen auch an den Wochenenden unüblich hohe Konzentrationen gemessen wurden, vergleichsweise gering. Der Wochengang ist ähnlich jenem am Standort Austrasse, jedoch auf einem deutlich höheren Niveau. Der Tagesgang zeigt eine für verkehrsnahen Standorte und Phasen mit ausgeprägten bodennahen Inversionen nicht untypischen Verlauf. Statt des üblicherweise unter „normalen“ Ausbreitungsbedingungen Verlaufes mit einer Spitze am Vormittag und einer am Nachmittag stiegen die Konzentrationen ab den frühen Morgenstunden kontinuierlich bis in die Abendstunden hinein an. Daran erkennt man deutlich den Anreicherungseffekt während austauscharmen Wetterlagen.

2

Die Tagesmittelwerte korrelieren gut ($r^2=0.93$) mit jenen des Standortes Vaduz Austrasse als auch mit jenen der Station Feldkirch Bärenkreuzung ($r^2=0.89$). Die Tagesmittelwerte waren im Mittel ca. 47% höher als am Standort Vaduz Austrasse. Bei Belastungen über dem Immissionsgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lagen die Konzentrationen in Schaan Lindenkreuzung höher als an der Bärenkreuzung. Bei Konzentrationen unter dem Grenzwert waren die Belastungen in Schaan tendentiell geringer.

Die Resultate in Schaan zeigen deutlich, wie stark die Feinstaubkonzentrationen bei ungünstigen Wetterlagen ansteigen können. Es wird in den nächsten Jahren nicht möglich sein, bei derartigen Witterungsverhältnissen wie sie in den Monaten Januar und Februar 2006 geherrscht haben, Grenzwertüberschreitungen vollständig zu vermeiden. Es muss jedoch das Ziel lufthygienischer Massnahmen sein, die absolute Höhe solcher Spitzenbelastungen deutlich nach unten zu verschieben und die Dauer der Belastungen über dem Immissionsgrenzwert zu verringern.

2. FEINSTAUB PM10

Als Feinstaub (PM10) bezeichnet man Partikel mit einem Durchmesser kleiner 10 µm. Aufgrund ihrer Kleinheit können diese Partikel tief in die feinsten Verästelungen der Lunge eindringen und von dort zum Teil in die Lymph- und Blutbahnen. Ihre zerklüftete Struktur ermöglicht die Anlagerung von weiteren giftigen Substanzen. Dieses Schadstoffgemisch besteht aus einer Vielzahl von chemischen Verbindungen mit teils krebserzeugender Wirkung. Es verursacht in den Atemwegen lokale Entzündungen und kann so zu schwerwiegenden Auswirkungen auf die Gesundheit führen: Husten, Atemnot, Bronchitis und Asthmaanfälle bei Kindern und Erwachsenen; Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen und damit verbundene Spitaleinweisungen; vorzeitige Todesfälle und Lungenkrebs.

Staub ist ein komplexes Gemisch aus festen und flüssigen Teilchen. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften und ihrer Herkunft bzw. Entstehung. Grundsätzlich wird zwischen primären und sekundären Partikeln unterschieden. Erstere werden als primäre Emissionen direkt in die Atmosphäre abgegeben, letztere entstehen durch luftchemische Prozesse aus gasförmig emittierten Vorläufersubstanzen (z.B. Ammoniak, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide).

3. AUFGABE

Die Messung von Feinstaubimmissionen bildet heutzutage einen wichtigen Bestandteil der lufthygienischen Umweltüberwachung. Im Rahmen dieser Überwachungsfunktion, welche durch das Amt für Umweltschutz (AfU) gewährleistet wird, erhielten wir den Auftrag, während eines Jahres an drei verschiedenen, durch das AfU vorgegebenen Standorten, kontinuierliche Feinstaubmessungen durchzuführen. Mit diesen Messungen soll ein Überblick über vermutlich stärker belastete Standorte als jener an der Messstation Vaduz Austrasse gewonnen werden. Nach einer viermonatigen Messperiode am Standort Eschen Essanestrasse wurden die Messungen während vier Monaten in Schaan an der Lindenkreuzung fortgeführt. Im Folgenden werden die Messergebnisse dieser zweiten Messperiode ausgewertet.

4. GRUNDLAGEN

4.1. MESSSTANDORT

Die Messstation befand sich an der Lindenkreuzung in Schaan (Ecke Bahnhofstrasse Landstrasse). Der Abstand zum Fahrbahnrand betrug ca. 2 m. Die Ansaughöhe befand sich auf ca. 2.5 m Höhe.

4.2. MESSGERÄT

Die kontinuierliche Messung der Feinstaubkonzentration erfolgt mit einem β -Schwebstaubmessgerät (Eberline Typ FH 62 I-R).

4.3. MESSDAUER

Die Messungen wurden zwischen dem 01. November 2005 und dem 19. Februar 2006 durchgeführt.

4.4. QUALITÄTSSICHERUNG

Die Messdaten wurden täglich plausibilisiert. Einmal pro Woche erfolgte eine Auswertung der Messdaten und Übermittlung an das AfU auf dessen Homepage die Auswertungen jeweils veröffentlicht wurden. Alle 14 Tage wurden im Rahmen eines Stationsbesuches kleinere periodische Wartungsarbeiten durchgeführt. Umfangreichere Wartungsarbeiten sowie eine Kalibration des Messgerätes erfolgte Quartalsweise.

Auf eine Parallelmessung mit dem Standardverfahren (gravimetrische Methode) wurde u.a. aus Kostengründen verzichtet. Erfahrungen an anderen Messstandorten haben gezeigt, dass mit dem eingesetzten Gerätetyp üblicherweise gute Übereinstimmungen zum Standardverfahren erreicht werden.

5. RESULTATE

5.1. TAGESMITTELWERTE

Eine Übersicht aller Tagesmittelwerte kann dem Anhang 1 entnommen werden. In Abbildung 1 ist der Verlauf der Tagesmittelwerte von November bis Februar dargestellt. Eine Überschreitung des maximalen Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an 42 der insgesamt 111 Messtage (38%) registriert. Am Ostluft-Messtandort Vaduz Austrasse wurden in demselben Zeitraum 24 Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes (22%) verzeichnet. Tagesmittel unterhalb des Jahresmittelgrenzwertes von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden am Standort Lindenkreuzung an lediglich 14 Tagen (12.6%) gemessen. Die mittlere Konzentration während der Messkampagne lag mit $54.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gar über dem Tagesmittelgrenzwert. Für diesen hohen Mittelwert haben vor allen zwei Perioden, vom 6. 1. bis zum 16.1.06 und vom 29.1. bis zum 8.2.06, mit aussergewöhnlich hohen Feinstaubbelastungen gesorgt. In diesen Perioden stieg die Kurzzeit-Feinstaubkonzentration (Halbstundenmittelwert) auf weit über $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an. Am 31.1.06 wurde mit $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ das höchste Tagesmittel gemessen. Dies entspricht einer 3.8-fachen Grenzwertüberschreitung.

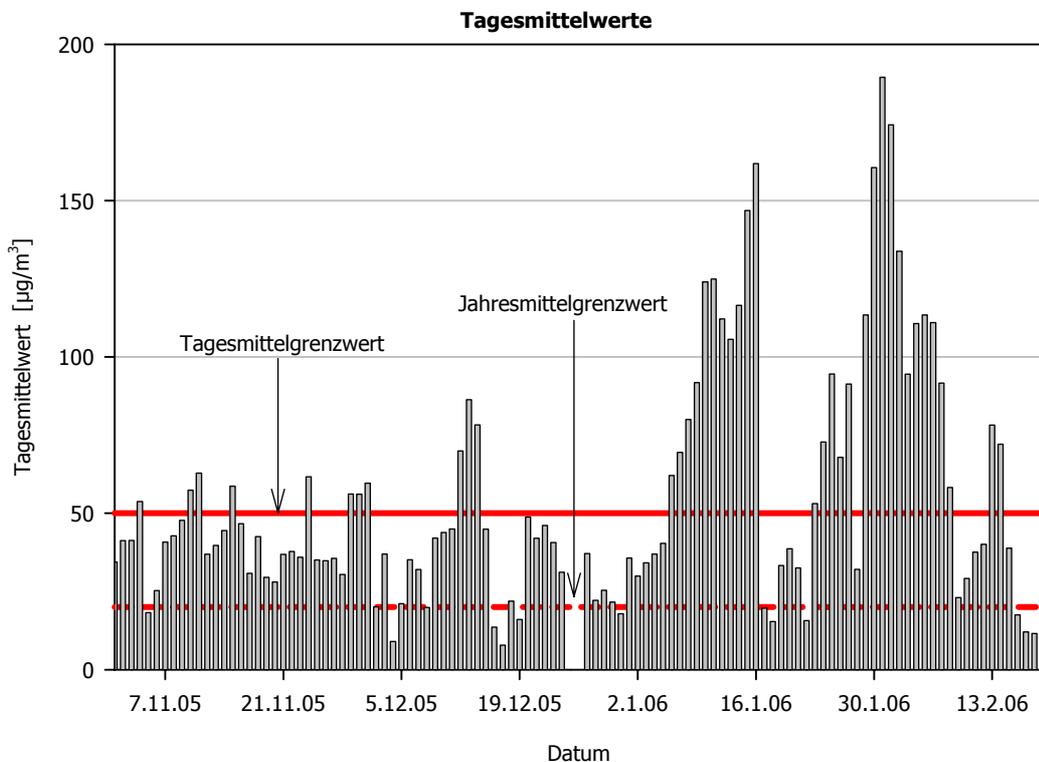


Abbildung 1 Tagesmittelwerte der Messperiode November 2005 bis Februar 2006 am Standort Schaan Lindenkreuzung

5.2. KURZZEITBELASTUNGEN

Die PM-10 Konzentration (Halbstundenmittelwerte) lag während 80% der Messperiode (November bis Februar) über dem Jahresmittelgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und während 42% über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Abbildung 2). Konzentrationen von über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden während 15% der Zeit registriert. Dieser erhebliche Anteil hoher Feinstaubkonzentrationen ist, wie bereits in Kapitel 5.1 erwähnt, massgeblich auf die beiden Perioden vom 6. 1. bis zum 16.1.06 und vom 29.1. bis zum 8.2.06 zurückzuführen. Während diesen beiden Perioden lag der Anteil der Feinstaubbelastung über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sogar bei 93%.

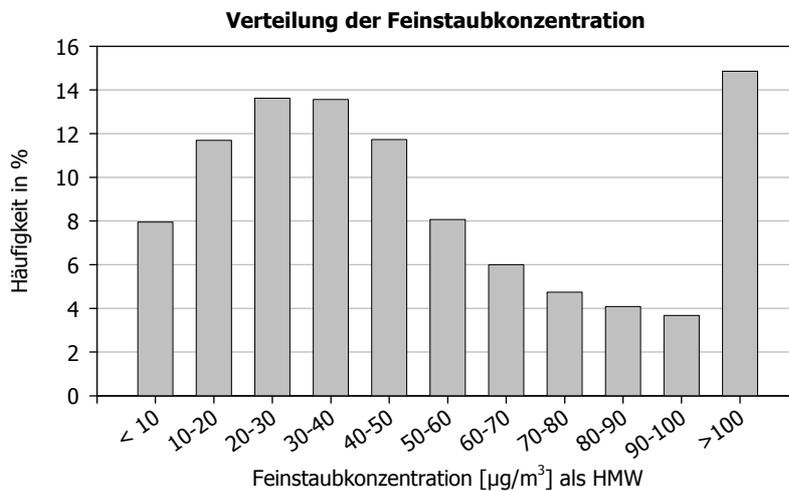


Abbildung 2 Häufigkeitsverteilung der Feinstaubbelastung (Halbstundenmittelwerte) der Messperiode November 2005 bis Februar 2006 am Standort Schaan Lindenkreuzung

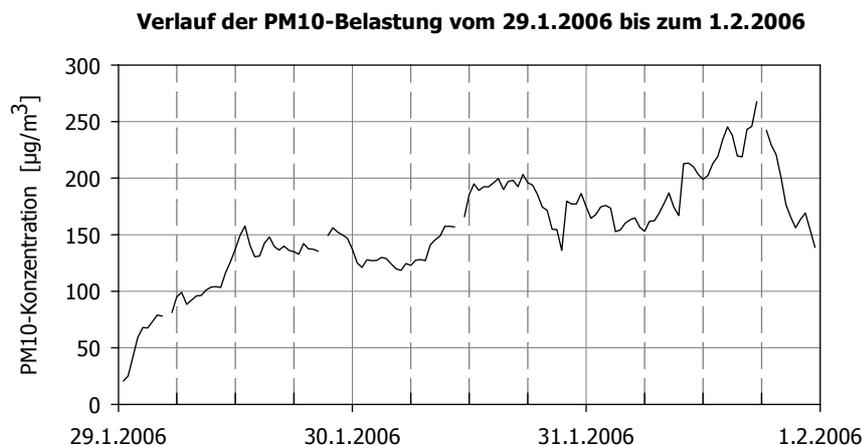


Abbildung 3 Verlauf der PM10-Belastung vom 29. Januar 2006 bis zum 1. Februar 2006 (Halbstundenmittelwerte) am Standort Schaan Lindenkreuzung

5.3. WOCHENGANG

Wie aus Abbildung 4 deutlich hervorgeht, unterliegt die Feinstaubbelastung einem Wochengang. Die tiefsten Konzentrationen werden an den Wochenenden gemessen. Wobei am Sonntag im Mittel tiefere Konzentrationen herrschen als am Samstag. Die Unterschiede sind jedoch infolge der langanhaltenden Inversionslagen, während denen auch an den Wochenenden unüblich hohe Konzentrationen gemessen wurde, vergleichsweise gering. Von Dienstag bis Sonntag ist ein Trend hin zu tieferen Belastungen erkennbar. Der Dienstag und der Mittwoch sind ähnlich stark belastet. Der Wochengang ist ähnlich jenem am Standort am Standort Austrasse (schraffierte Balken) jedoch auf einem deutlich höheren Niveau.

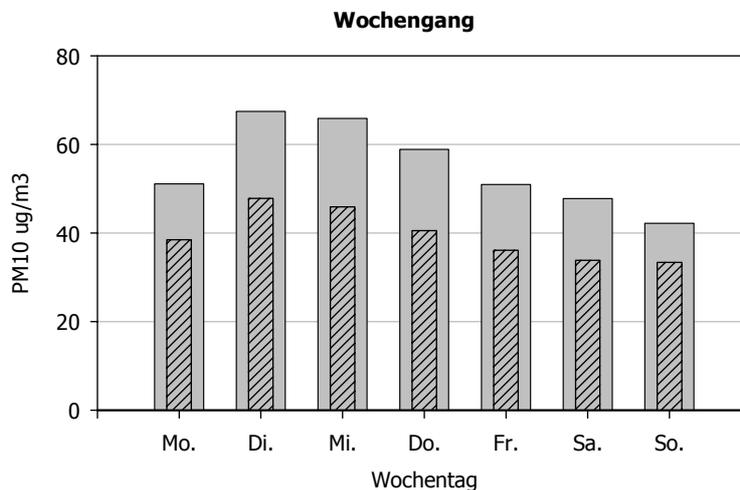


Abbildung 4 Mittlere Feinstaubbelastung an den Wochentagen (\bar{x} -Wert aller Wochentage während der Messperiode November bis Februar 2006). Standort Schaun Lindenkreuzung = grosse Balken, Standort Vaduz Austrasse = kleine schraffierte Balken

5.4. TAGESGANG

Der Tagesgang zeigt eine für verkehrsnahen Standorte und Phasen mit ausgeprägten bodennahen Inversionen nicht untypischen Verlauf. Bei guten Ausbreitungsbedingungen steigt die Konzentration in den frühen Morgenstunden aufgrund des zunehmenden Berufsverkehrs an. Es folgt dann üblicherweise ein Abfall über die Mittagszeit und ein erneuter, jedoch meist flacherer Anstieg als am Morgen. Als Beispiel hierfür sei auf den Tagesgang der Messungen von Juni bis Oktober 2005 am Standort Essanestrasse verwiesen (Abbildung 6 ausgezogene Linie). An den Wochenenden ist ein Anstieg der Konzentrationen erst am Nachmittag und auf tieferem Niveau beobachtbar. Die morgendliche Spitzenbelastung fehlt jedoch infolge des ausbleibenden Berufsverkehrs beinahe komplett (vgl. gestrichelte Linie in Abbildung 6). Wie aus Abbildung 5 ersichtlich ist, wurde in Schaun ein

mittlerer Tagesverlauf registriert, welcher an den Werktagen wie auch am Wochenende nur einen Anstieg aufweist. Bei schlechten Ausbreitungsbedingungen, wie sie im Winter oftmals herrschen, steigen die Konzentrationen über den Tag hinweg kontinuierlich an. Es findet also gegenüber der Zunahme der Emissionen ein nur untergeordneter Abfluss bzw. eine Verdünnung der Schadstoffe statt, was zu einer Anreicherung in den untersten Luftschichten führt. Erst wieder gegen die Abendstunden hin findet eine Verdünnung statt und die Konzentrationen sinken in der Folge. Bei ausgeprägten Inversionslagen kann es jedoch vorkommen, dass sich die Schadstoffe über mehrere Tage hinweg anreichern und auch während den Nachtstunden kein nennenswerter Rückgang der Konzentrationen beobachtet wird.

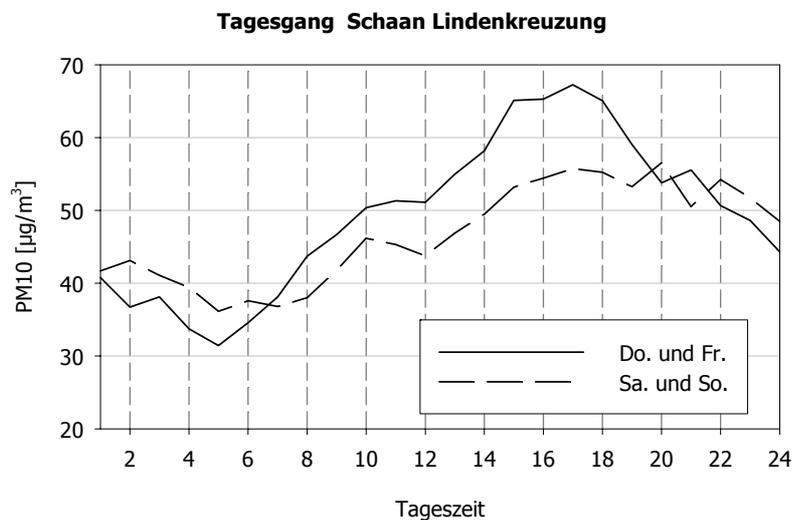


Abbildung 5 Mittlerer Tagesgang der Feinstaubbelastung an den Wochentagen Donnerstag und Freitag und am Wochenende (Samstag und Sonntag) der Messperiode November 2005 bis Februar 2006 am Standort Schaan Lindenkreuzung

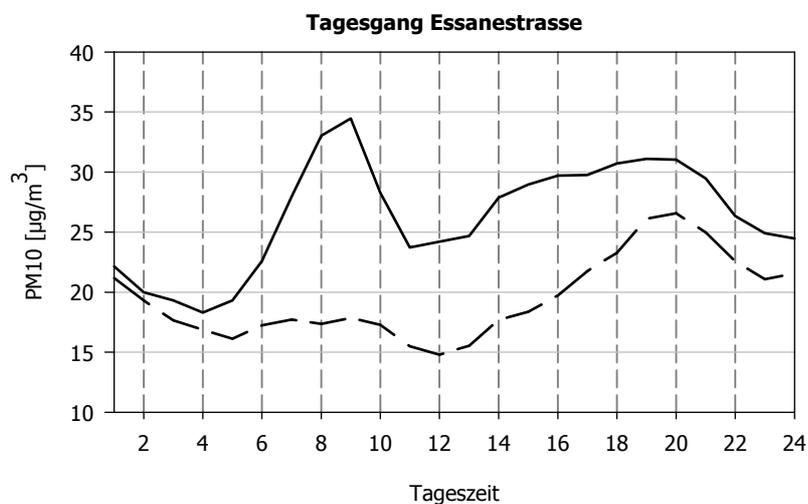


Abbildung 6 Mittlerer Tagesgang der Feinstaubbelastung an den Werktagen (ausgezogene Linie) und Wochenenden (gestrichelte Linie) während der Messperiode Juni bis Oktober am Standort Essanestrasse

5.5. VERGLEICH MIT ANDEREN MESSSTANDORTEN

Die Tagesmittelwerte der Messperiode an der Lindenkreuzung korrelieren gut mit jenen der Ostluft-Messstation Vaduz Austrasse ($r^2=0.93$). Bis auf drei Tage im eher tiefen Konzentrationsbereich ($< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sind die Tagesmittelwerte an der Lindenkreuzung höher als am Standort Vaduz Austrasse. Im Durchschnitt liegen die PM10-Tagesmittel während der Messkampagne an der Lindenkreuzung um 47% höher als an der Austrasse in Vaduz¹. Das Periodenmittel an der Lindenkreuzung lag bei $54.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jenes an der Austrasse bei $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Basierend auf dem Vergleich mit Messwerten anderer Standorte muss davon ausgegangen werden, dass der Jahresmittelgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am Standort Schaan Lindenkreuzung deutlich überschritten wird. Eine Prognose des zu erwartenden Jahresmittels ist jedoch aufgrund der Umstände, dass in die Messperiode zwei längeranhaltende Episoden mit überregional sehr hohen Feinstaubkonzentrationen gefallen sind, schwierig. In diesem Zusammenhang sei auf ein laufendes Projekt der Ostluftkantone und Liechtenstein verwiesen, in dem eine Belastungskarte PM10 erstellt wird. Aufgrund der gemessenen hohen Belastungen und den in Schaan geplanten verkehrstechnischen Neuerungen (grosser Lindenkreisel, Busbahnhof, Parkhaus, Einbahnverkehr und Industriebus) ist vorgesehen, ab Dezember 2006 während einer längeren Periode PM10-Messungen durchzuführen.

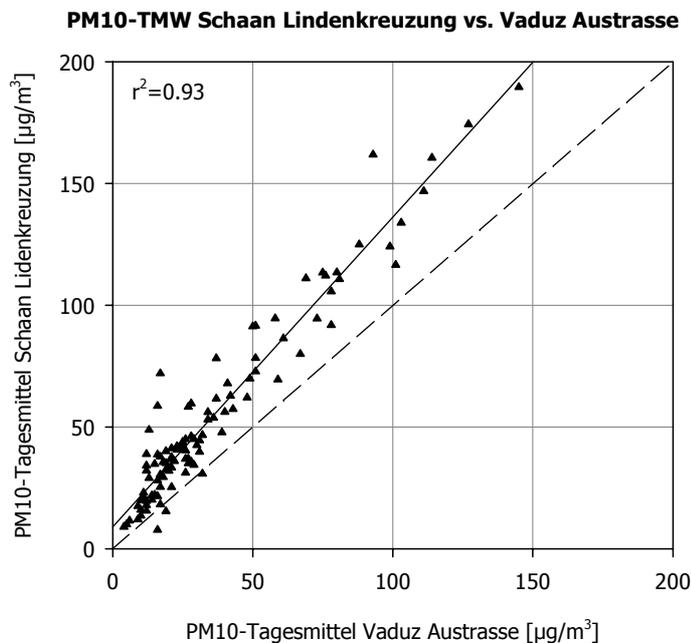
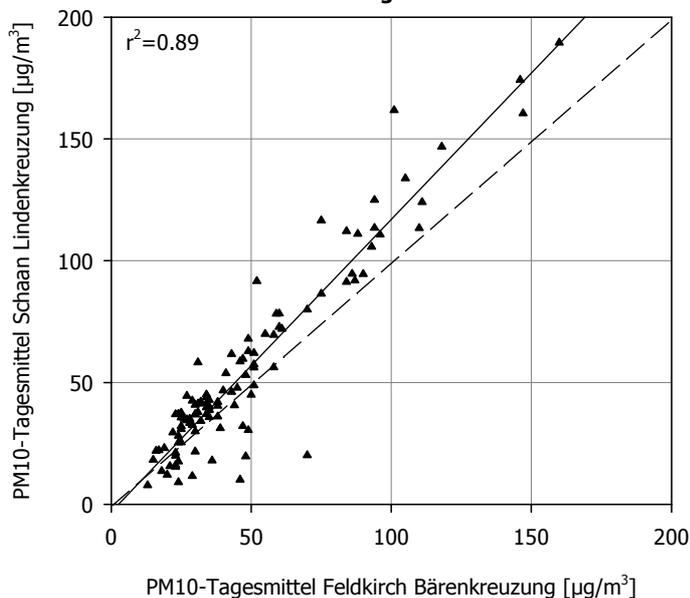


Abbildung 7 Korrelation der Tagesmittelwerte Schaan Lindenkreuzung und der Ostluft-Immissionsmessstation Vaduz Austrasse (November 2005 bis Februar 2006)

¹ Die lineare Ausgleichsfunktion lautet $y = 1.27x + 9$

PM10-TMW Schaan Lindenkreuzung vs. Feldkirch Bärenkreuzung**Abbildung 8** Korrelation der Tagesmittelwerte Schaan Lindenkreuzung und der Messstation Feldkirch Bärenkreuzung (November 2005 bis Februar 2006)

Auch ein Vergleich mit den Feinstaubkonzentrationen an der sehr stark befahrenen Bärenkreuzung in Feldkirch zeigt eine gute Korrelation mit den Messdaten von Schaan ($r^2 = 0.89$). Bei Belastungen über dem Immissionsgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ waren die Konzentrationen in Schaan Lindenkreuzung tendentiell höher als an der Bärenkreuzung, bei Konzentrationen unter dem Grenzwert tendentiell geringer.

In Abbildung 9 ist für die Zeit vom 1. Januar 2006 bis 19. Februar 2006 der Verlauf der PM10-Tagesmittel der beiden Messstandorte in Liechtenstein sowie weiterer ausgewählter Standorte in der Schweiz dargestellt². Bis auf wenige Ausnahmen waren in Phasen überregional hoher Feinstaubkonzentrationen die Belastungen in Schaan Lindenkreuzung am höchsten. Interessant ist auch der Verlauf der PM10-Belastung auf dem Rigi. Während der ersten Phase hoher Feinstaubkonzentrationen stiegen die Werte auf dem Rigi nicht an. Während der zweiten Phase hoher Feinstaubwerte stieg die PM10-Belastung auch auf dem Rigi deutlich an. Diese Verläufe zeigen, dass unter der bodennahen Inversionschicht die Feinstaubkonzentrationen sich stark anreicherten während über dieser Schicht, wie beispielsweise auf dem Rigi auf 1030 m.ü.M., keine erhöhten Luftschadstoffe gemessen wurden. Der Anstieg in der zweiten Phase kann darauf zurückgeführt werden, dass mit Schadstoffen stark belastete Luftpakete die Inversion durchstießen bzw. die Höhe der Inversionschicht zeitweise auf über 1030 m.ü.M. lag. Aus diesen Messergebnissen kann auch

² Daten CH und Austrasse FL aus <http://www.ostluft.li>

geschlossen werden, dass in Liechtenstein in Regionen über ca. 1'000 m.ü.M. während dieser beiden Perioden keine oder allenfalls nur geringfügig erhöhte Feinstaubbelastungen vorhanden waren. So gehen wir davon aus, dass beispielsweise in Malbun auf ca. 1'600 m.ü.M. in den erwähnten Phasen im Januar und Februar 2006 keine erhöhten Feinstaubkonzentrationen herrschten.

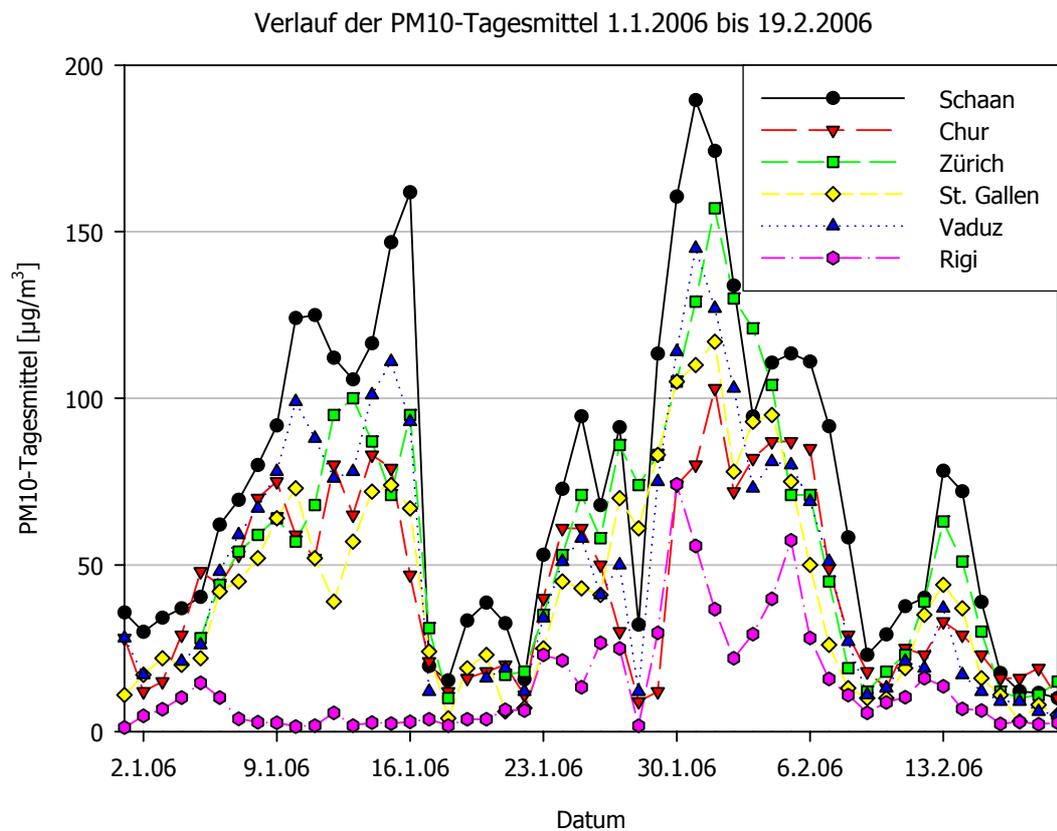


Abbildung 9 Verlauf der Tagesmittelwerte an verschiedenen Standorten in Liechtenstein und in der Schweiz vom 1. Januar 2006 bis zum 19. Februar 2006

Schaan, 16.06.2006

J. Beckbissinger

Anhang 1 PM10-Tagesmittelwerte Standort Schaan Linden- kreuzung in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Datum	TMW				
01.11.2005	34.4	17.12.2005	7.8	02.02.2006	133.8
02.11.2005	41.3	18.12.2005	21.9	03.02.2006	94.5
03.11.2005	41.3	19.12.2005	16.0	04.02.2006	110.7
04.11.2005	53.7	20.12.2005	48.8	05.02.2006	113.4
05.11.2005	18.2	21.12.2005	42.0	06.02.2006	111.0
06.11.2005	25.3	22.12.2005	46.1	07.02.2006	91.6
07.11.2005	40.8	23.12.2005	40.6	08.02.2006	58.2
08.11.2005	42.8	24.12.2005	31.2	09.02.2006	23.0
09.11.2005	47.7	25.12.2005	--	10.02.2006	29.1
10.11.2005	57.4	26.12.2005	--	11.02.2006	37.6
11.11.2005	62.8	27.12.2005	37.1	12.02.2006	40.1
12.11.2005	36.9	28.12.2005	22.1	13.02.2006	78.2
13.11.2005	39.7	29.12.2005	25.4	14.02.2006	72.0
14.11.2005	44.5	30.12.2005	21.6	15.02.2006	38.9
15.11.2005	58.6	31.12.2005	17.9	16.02.2006	17.5
16.11.2005	46.7	01.01.2006	35.7	17.02.2006	12.1
17.11.2005	30.8	02.01.2006	29.9	18.02.2006	11.5
18.11.2005	42.5	03.01.2006	34.1	19.02.2006	10.0
19.11.2005	29.5	04.01.2006	37.0		
20.11.2005	28.0	05.01.2006	40.4	-- = Messdatenausfall	
21.11.2005	36.9	06.01.2006	62.1	grau hinterlegt = 2-fache	
22.11.2005	37.8	07.01.2006	69.5	Überschreitung des Immissi-	
23.11.2005	35.9	08.01.2006	80.0	onsgrenzwertes	
24.11.2005	61.6	09.01.2006	91.8		
25.11.2005	35.1	10.01.2006	124.0		
26.11.2005	34.8	11.01.2006	124.9		
27.11.2005	35.5	12.01.2006	112.1		
28.11.2005	30.4	13.01.2006	105.6		
29.11.2005	56.2	14.01.2006	116.5		
30.11.2005	56.1	15.01.2006	146.8		
01.12.2005	59.6	16.01.2006	161.8		
02.12.2005	20.1	17.01.2006	19.6		
03.12.2005	37.0	18.01.2006	15.3		
04.12.2005	9.0	19.01.2006	33.3		
05.12.2005	21.1	20.01.2006	38.6		
06.12.2005	35.1	21.01.2006	32.5		
07.12.2005	32.0	22.01.2006	15.6		
08.12.2005	19.9	23.01.2006	53.1		
09.12.2005	42.0	24.01.2006	72.8		
10.12.2005	43.8	25.01.2006	94.6		
11.12.2005	45.0	26.01.2006	67.9		
12.12.2005	69.9	27.01.2006	91.3		
13.12.2005	86.4	28.01.2006	32.1		
14.12.2005	78.3	29.01.2006	113.4		
15.12.2005	44.9	30.01.2006	160.5		
16.12.2005	13.6	31.01.2006	189.5		
		01.02.2006	174.2		

Anhang 2 Fotodokumentation Messstandort

