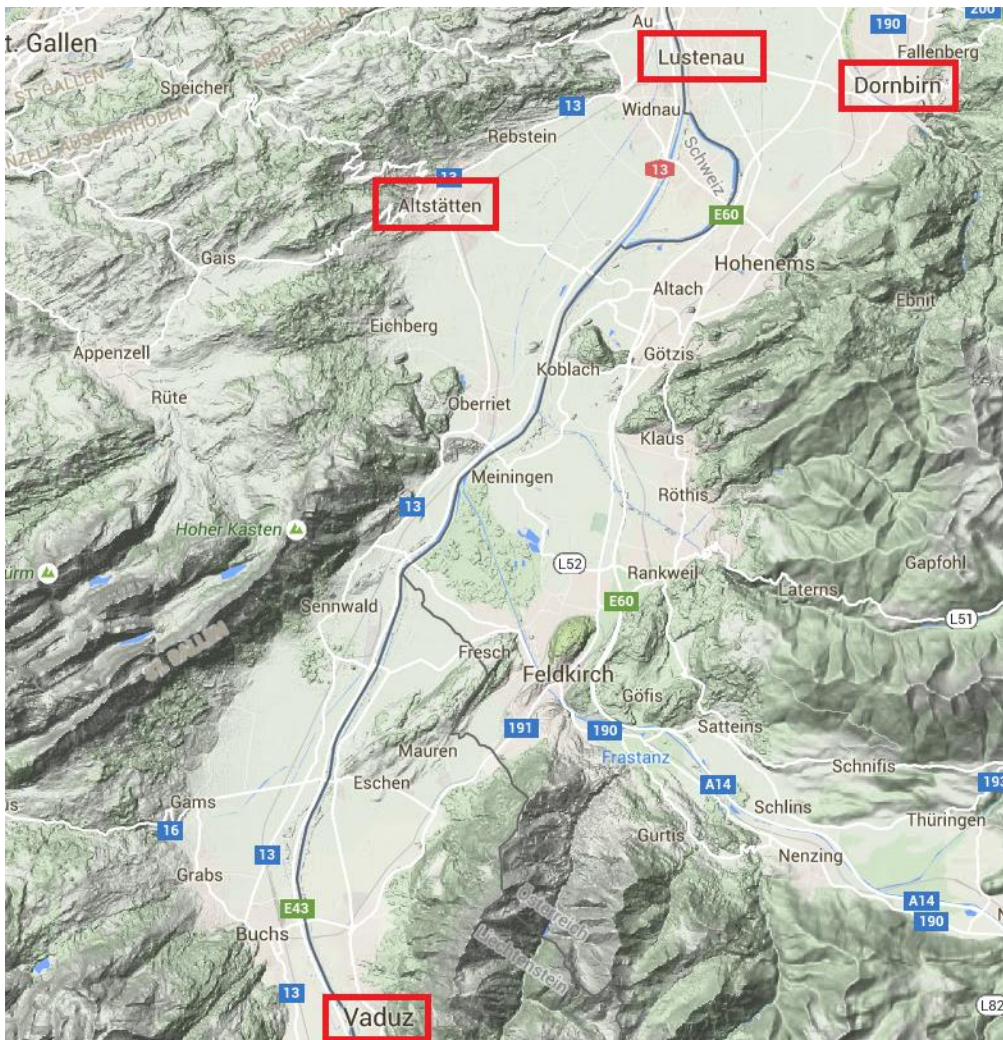


Unteres St. Galler Rheintal

Immissionsmessungen



Schlussbericht November 2015

Abkürzungsverzeichnis

CO	Kohlenmonoxid
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
LRV	Eidgenössische Luftreinhalte-Verordnung (SR 814.318.142.1)
µg/m ³	Mikrogramm (Schadstoff) pro Kubikmeter (Luft)
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide (Summenparameter = NO ₂ + NO, bezogen auf NO ₂)
O ₃	Ozon
	OSTLUFT Gemeinsame Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone AI, AR, GL, SG, SH, TG und ZH, des Fürstentums Liechtenstein sowie Teilen des Kantons GR
PM10	Feinstaub

Impressum

Herausgeber:	OSTLUFT – Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein
Projektteam:	Aldo Dalle Case, Hanna Herich, Dominik Noger, Susanne Schlatter
Auswertungen:	Hanna Herich
Kontakt:	OSTLUFT, sekretariat@ostluft.ch
Titelbild:	Stadt Altstätten mit Messstation (roter Kreis)
Copyright:	© OSTLUFT, Abdruck mit Quellenangabe erwünscht
Bezug und weitere Informationen:	Download pdf: www.ostluft.ch (eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Ziele	5
3	Methodik	6
3.1	Standortbeschreibung	6
3.2	Standortklassierung	7
3.3	Messparameter	8
4	Ergebnisse	9
4.1	Windsituation im Rheintal	9
4.2	Luftschadstoffe	10
4.2.1	Messungen zwischen Januar 2014 und März 2015, Belastungsübersicht	10
4.2.2	Mittlere Tages- und Wochengänge	12
4.2.3	Grenzwertüberschreitungen	15
4.3	Inversionswetterlagen im Rheintal	17
4.3.1	Temperaturprofil Schellenberg	17
4.3.2	Schadstoffverläufe und Inversionen	18
5	Fazit	20

1 Zusammenfassung

Das Untere Rheintal ist geografisch durch die streng eingrenzende Berglandschaft definiert. Während die Rheinebene auf etwa 400 m ü.M. liegt, erreichen die Gebirgszüge im Westen und Osten Höhen von mehr als 2000 m ü.M.. Die Tallage hat einen starken Einfluss auf das Klima und auf meteorologische Parameter wie die Windrichtung oder die Windgeschwindigkeit. In der unteren Rheintalebene treffen die drei Länder Schweiz (Kanton St. Gallen), Österreich (Vorarlberg) und das Fürstentum Liechtenstein aufeinander, die gesamte Fläche reicht von St. Margrethen bis Balzers und sie ist dicht besiedelt und viele Ballungsräume gehen ineinander über.

Die Bevölkerungsdichte im Unteren Alpenrheintal ist in Abb.1 dargestellt. Insbesondere in den letzten 50 Jahren ist die Bevölkerung auf beiden Seiten des Rheins stark gewachsen. Im unteren St. Galler Rheintal wuchs die Bevölkerung um ein Drittel und liegt heute bei knapp 70'000 Einwohnern. Im Vorarlberger Rheintal wuchs die Bevölkerung im gleichen Zeitraum um ca. 50% und liegt heute bei etwa 250'000 Einwohnern. Auch die Verkehrsräume unterscheiden sich auf den beiden Rheintalseiten. Im St. Galler Rheintal wurden gut befahrene Strassen im Jahr 2014 mit etwa 10-12'000 DTV frequentiert, während im Vorarlberg 16-28'000 DTV auftraten.

Altstätten ist mit gut 11'000 Einwohnern eine mittelgrosse Agglomeration im unteren St. Galler Rheintal. Eine der Hauptzufahrtsstrassen ist die Rorschacherstrasse, diese wird mit ca. 11'000 Fahrzeugen täglich frequentiert. Im Rahmen von OSTLUFT soll evaluiert werden, auf welchem Niveau sich die Luftschadstoffbelastungen im CH-Siedlungsgürtel bewegen und wie die Situation im Vergleich zu anderen Messorten im Rheintal ausfällt. Dazu wurden zwischen Januar 2014 und März 2015 verschiedene Leitschadstoffe am Standort Altstätten Rorschacherstrasse gemessen.

Der Jahresmittelwerte 2014 für PM₁₀ lagen an den Messstationen Altstätten, Vaduz-Austrasse (FL), Lustenau-Wiesenrain (A) und Dornbirn-Stadtstrasse (A) mit 13-17 µg/m³ auf einem sehr ähnlichen Niveau. Trotz der ähnlichen Jahresmittelwerte gab es grosse Unterschiede im Tagesgang. Denn je nach Tal- oder Hanglage eines Messorts führen verschiedene Windsituationen zu einer unterschiedlichen Durchlüftung. Ebenfalls sehr ähnlich verhalten sich die NO₂ Jahresmittelwerte für die drei Messstationen Altstätten, Vaduz-Austrasse und Lustenau-Wiesenrain, die Belastung liegt zwischen 17-20 µg/m³. Eine Ausnahme bildet der strassennahe Standort Dornbirn, dort liegen die NO₂ Konzentrationen 30% höher, als an den anderen drei Stationen. Dies ist auf den Einfluss der Überbauung und des hohen Verkehrsflusses zurückzuführen.

Neben den kontinuierlichen NO₂ Messungen werden auch Daten von NO₂ Passivsammlern verglichen. An den Messorten im Agglomerationshintergrund sind die Konzentrationen ähnlich wie in Altstätten, Vaduz-Austrasse und Lustenau-Wiesenrain, während eine nähere Strassenlage z.B. in Rebstein zu Konzentrationen von 28 µg/m³ im Jahresmittel führen kann. An besonders verkehrsbelasteten Messpunkten (z.B. in Diepoldsau oder St. Margrethen) liegen die NO₂ Konzentrationen bei fast 40 µg/m³ und sind damit deutlich über dem Grenzwert.

Im Messzeitraum wurde auch das Auftreten von Inversionswetterlagen erfasst. Diese tragen deutlich zu einer Schadstoffanreicherung bei. An allen betrachteten Standorten gingen Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für Feinstaub häufig mit Inversionen einher.

2 Ziele

Altstätten liegt im Westen des Siedlungsgebiets Unteres Rheintal, von Nordosten wird die Kleinstadt durch die Rorschacherstrasse erschlossen. Verkehrszählungen nördlich von Altstätten zeigen, dass die Rorschacherstrasse mit etwa 11'000 Fahrzeugen pro Tag frequentiert wird. Im Rahmen von OSTLUFT wurden zwischen Januar 2014 und März 2015 verschiedene Luftschadstoffe am Standort Altstätten Rorschacherstrasse gemessen.

Die Messdaten sollen aufzeigen, wie sich die Luftbelastung im St. Galler Rheintal verhält und werden mit denen anderer Standorte im Rheintal (Vaduz-Austrasse (FL), Dornbirn-Stadtstrasse (A) und Lustenau-Wiesenrain (A)) verglichen, siehe Abb. 2. Zudem soll untersucht werden, inwieweit sich die Stationen im oberen und unteren Rheintal (Altstätten versus Vaduz) in winterlichen Belastungsphasen unterscheiden. Als weiteren Aspekt gilt es herauszufinden, für welchen CH-Belastungstyp der grenznahe Standort Lustenau-Wiesenrain charakteristisch ist und ob er für OSTLUFT Modellierungen miteinbezogen werden kann.

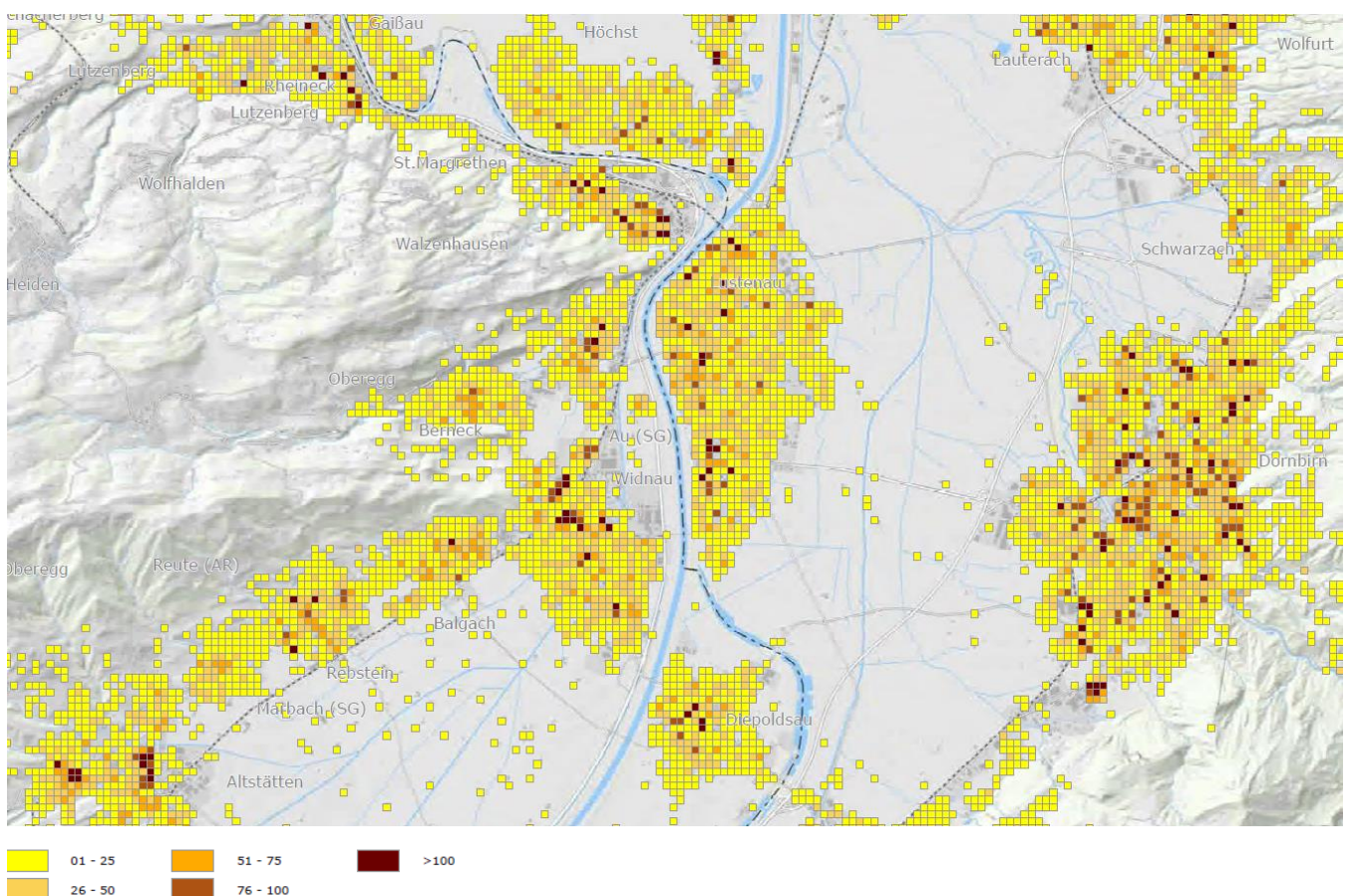


Abb. 1: Übersichtskarte Unteres Rheintal mit Einwohneranzahl pro Hektar (Quelle: Werkheft Rheintalkarten, 2. Auflage, 2012, Amt für Raumentwicklung und Geoinformation des Kantons St.Gallen).

3 Methodik

3.1 Standortbeschreibung

Die Position des Messcontainers in Altstätten befand sich etwa 10 m neben der Rorschacherstrasse auf einem Parkplatz. 300m südwestlich vom Standort liegt das Stadtzentrum von Altstätten, die direkte Gegend um den Messort zeichnet sich durch eine vorstädtische und zum Teil lose Bebauung aus. Der Standort befindet sich auf 451 m.ü.M. Nachfolgend werden auch NO₂ Passivsammlerdaten von verschiedenen Orten im Rheintal betrachtet. Die Passivsammlerstandorte sind in Abb. 3 markiert (nicht gezeigt St. Margrethen Neudorfstrasse und Höchst Gemeindeamt).

Die zum Vergleich herangezogenen Standorte im Rheintal sind Vaduz-Austrasse (FL), Dornbirn-Stadtstrasse (A) und Lustenau-Wiesenrain (A). Die Station Vaduz-Austrasse befindet sich in zentraler Ortslage an der stetig befahrenen Austrasse. Der Messcontainer Lustenau Wiesenrain befindet sich am Ortsrand auf dem Rheindamm. Durch diese im Vergleich zum Ort erhöhte Lage liegt der Container auf einer Höhe mit den Kaminen in der Umgebung. Südwestlich 200m hinter dem Rhein verläuft die Autobahn A13. Die Messstation Dornbirn-Stadtstrasse befindet sich zentral im Stadtkern von Dornbirn an einer stark befahrenen Strasse.

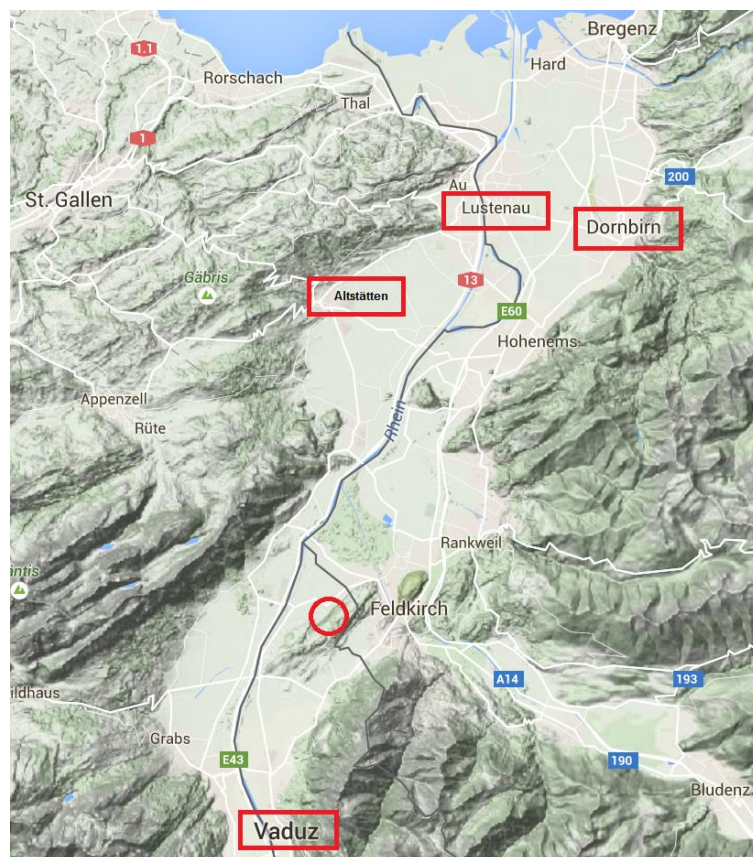


Abb. 2: Übersichtskarte Rheintal, die vier Messorte sind markiert. Ebenfalls eingezeichnet ist der Schellenberg, für den Temperaturmessungen durchgeführt wurden (roter Kreis).

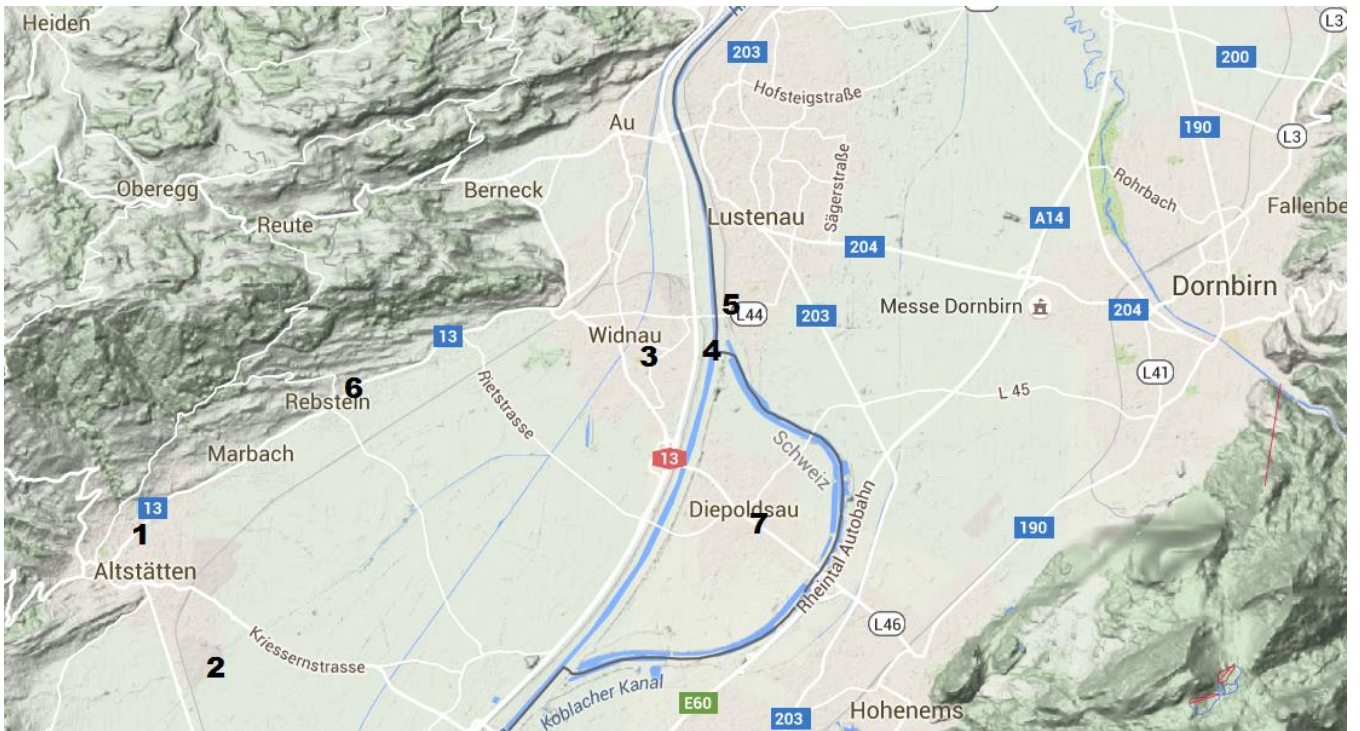


Abb. 3: Übersichtskarte verschiedener Passivsammlermessorte im Rheintal: (1) Altstätten Rorschacherstrasse, (2) Altstätten-Bannriet, (3) Widnau-Büchelweg, (4) Widnau-Rheinradweg, (5) Lustenau Wiesenrain, (6) Rebstein-Hauptstrasse 100, (7) Diepoldsau Hohenemserstrasse

Um den Einfluss von Inversionslagen im Rheintal zu bestimmen, wurden analog zu früheren Projekten (Seeztal, Ebnat-Kappel und Appenzell) Temperaturlogger verwendet. Diese wurden am bewaldeten Nordhang des Schellenbergs in sechs unterschiedlichen Höhenlagen (zwischen 440 und 635 m ü. M.) jeweils etwa 2 m über dem Boden befestigt.

3.2 Standortklassierung

In der OSTLUFT Standortklassierung entsprechen die hier betrachteten Messstationen den Kategorien in Abb.4.

Standort	m ü.M.	Standorttyp
Altstätten Rorschacherstrasse	451	
Vaduz, Austrasse (FL)	459	
Vaduz, Landesbibliothek (FL)	455	
Dornbirn Stadtstrasse (A)	440	
Lustenau Wiesenrain (A)	410	

Abb. 4: OSTLUFT Standortklassierungs-Pictogramme

3.3 Messparameter

			Jahr 2014												Jahr 2015		
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
Altstätten	Gas: Aerosol: Meteo:	NOx,O3, CO PM10 (Teom), PM10 Hivol PartikelAnz. (ELPI) T,p,Hr,Wind, usw.															
Vaduz Austrasse	Gas: Aerosol: Meteo:	NOx,O3 PM10 (BETA), PM10 Hivol T,p,Hr,Wind, usw.															
Vaduz Landesbibliothek	Gas: Aerosol: Meteo:	NOx,O3 PM10 (BETA), PM10 Hivol T,p,Hr,Wind, usw.															
Lustenau Wiesenrain	Gas: Aerosol: Meteo:	NOx,O3 PM10 (SHARP), PM10 u. PM2.5 Hivol T,p,Hr,Wind, usw.															
Dornbirn Stadtstrasse	Gas: Aerosol: Meteo:	NOx,O3 PM10 (SHARP), PM10 u. PM2.5 Hivol T,p,Hr,Wind, usw.															
Schellenberg	Meteo:	T in verschiedenen Höhen															

Tabelle. 1: Messeinsatz der Messgeräte an den Stationen.

Tab. 1 zeigt den Einsatz der Messgeräte in Altstätten und an den Standorten in FL und A. Die Geräte in Altstätten liefen ohne signifikante Unterbrüche zwischen dem 01. Januar 2014 und dem 31. März 2015. Von den anderen dauerhaft betriebenen Stationen wird der gleiche Messzeitraum analysiert. In Vaduz wurde zum Jahreswechsel 2014/15 die Messstation von der Austrasse zur Landesbibliothek verschoben. Alle Messreihen wurden mit der jahreszeitensprechenden Sommer bzw. Winterzeit berechnet und sind daher miteinander vergleichbar.

Altstätten									Lustenau									Dornbirn									Vaduz								
Uhrzeit	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Uhrzeit	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Uhrzeit	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Uhrzeit	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0	8	5	4	3	3	10	52	16	0	10	11	7	7	26	26	4	3	0	4	7	12	55	11	4	3	3	0	12	2	1	37	24	9	4	11
1	9	6	3	3	5	9	52	14	1	10	12	8	7	23	26	4	3	1	5	6	13	57	10	5	2	2	1	13	1	2	41	23	5	3	10
2	10	5	3	3	4	11	47	16	2	9	13	7	9	23	25	4	4	2	6	8	13	54	11	4	2	2	2	12	3	1	43	20	7	3	12
3	9	6	4	2	4	12	47	16	3	7	12	9	7	23	28	4	3	3	5	7	13	56	10	4	2	2	3	10	2	1	45	20	7	2	12
4	11	7	3	3	4	12	46	16	4	9	11	7	7	26	26	3	4	4	5	8	15	52	12	5	2	2	4	11	2	1	47	14	4	5	15
5	11	7	3	2	4	10	47	17	5	8	10	7	8	24	27	6	4	5	6	6	14	51	13	5	3	2	5	10	4	2	46	16	5	5	13
6	13	8	3	4	5	10	38	20	6	9	10	8	9	23	28	5	2	6	6	9	15	47	13	6	3	3	6	10	2	2	47	17	4	2	15
7	15	15	7	5	6	10	28	15	7	8	11	9	10	23	28	3	2	7	5	8	17	45	12	8	3	3	7	11	2	1	46	18	5	4	14
8	14	23	16	8	8	7	14	11	8	7	13	8	7	24	29	3	2	8	8	11	13	37	13	8	5	5	8	13	1	4	44	16	6	5	12
9	12	29	22	12	7	6	8	5	9	8	13	9	5	23	29	3	3	9	15	12	10	24	12	13	7	7	9	14	5	8	36	15	3	4	15
10	11	26	29	14	6	5	6	4	10	12	16	7	5	21	26	3	4	10	21	11	8	14	9	14	9	13	10	12	6	7	28	16	3	4	23
11	10	26	32	14	6	4	5	4	11	19	18	6	4	16	23	3	5	11	27	12	8	7	7	10	10	18	11	11	3	3	22	15	4	6	37
12	11	24	31	13	5	7	5	4	12	25	22	6	3	12	17	3	4	12	33	10	5	8	5	10	9	22	12	8	2	1	13	15	2	6	53
13	13	21	33	12	5	8	5	4	13	29	24	7	3	8	15	3	4	13	34	11	4	7	4	10	6	23	13	12	0	1	7	16	2	4	58
14	13	19	33	8	7	8	6	6	14	34	23	8	4	6	12	3	3	14	35	10	5	8	4	10	6	23	14	14	2	1	4	15	2	2	60
15	18	15	24	10	7	9	9	8	15	35	23	8	4	7	11	2	4	15	32	11	6	10	4	6	5	26	15	14	1	0	6	13	1	2	64
16	18	12	18	6	7	10	19	11	16	34	20	8	4	5	15	2	5	16	31	11	8	12	6	7	5	20	16	17	1	1	5	12	1	1	62
17	15	12	9	5	7	9	30	13	17	28	20	11	4	8	13	3	6	17	25	12	8	21	5	7	4	18	17	20	1	0	6	12	2	5	55
18	14	7	7	3	6	10	41	13	18	25	14	14	5	10	16	4	7	18	19	10	11	34	5	5	3	12	18	17	3	1	6	16	4	4	50
19	11	4	4	3	5	10	49	15	19	18	15	10	5	14	22	4	6	19	10	9	12	47	8	6	2	7	19	21	4	2	12	19	5	6	32
20	9	4	3	1	4	10	52	18	20	15	13	9	6	15	24	4	7	20	7	9	9	55	9	5	3	3	20	14	6	2	14	29	8	7	20
21	9	4	3	3	3	10	54	16	21	15	9	8	9	17	24	4	7	21	5	7	11	59	9	5	2	2	21	14	6	5	19	30	7	6	12
22	8	5	1	2	4	10	57	14	22	12	10	8	7	19	30	4	3	22	5	7	10	60	10	4	3	2	22	12	5	2	27	28	10	6	11
23	8	5	2	2	4	10	54	15	23	8	10	9	8	21	29	5	4	23	5	7	10	58	10	5	3	2	23	11	5	2	32	27	7	5	12

Abb.6: Durchschnittliche Auftretshäufigkeit der Windrichtungen (in %) in Abhängigkeit von der Uhrzeit.

4 Ergebnisse

4.1 Windsituation im Rheintal

Trotz ihrer räumlichen Nähe unterscheidet sich die Windsituation an den vier analysierten Standorten aufgrund der Topographie sehr, siehe Abbildung 6 und 7. Die Stationen Altstätten und Dornbirn befinden sich westlich und östlich direkt am Talrand. Entsprechend ist Tagesverlauf der Windrichtung an diesen Standorten stark durch Hangaufwinde (tagsüber) und Hangabwinde (nachts) gekennzeichnet. Vaduz und Lustenau liegen zentral im Rheintal, dort werden wesentlich höhere Windgeschwindigkeiten als in Altstätten und Dornbirn erreicht, siehe Abb.8.

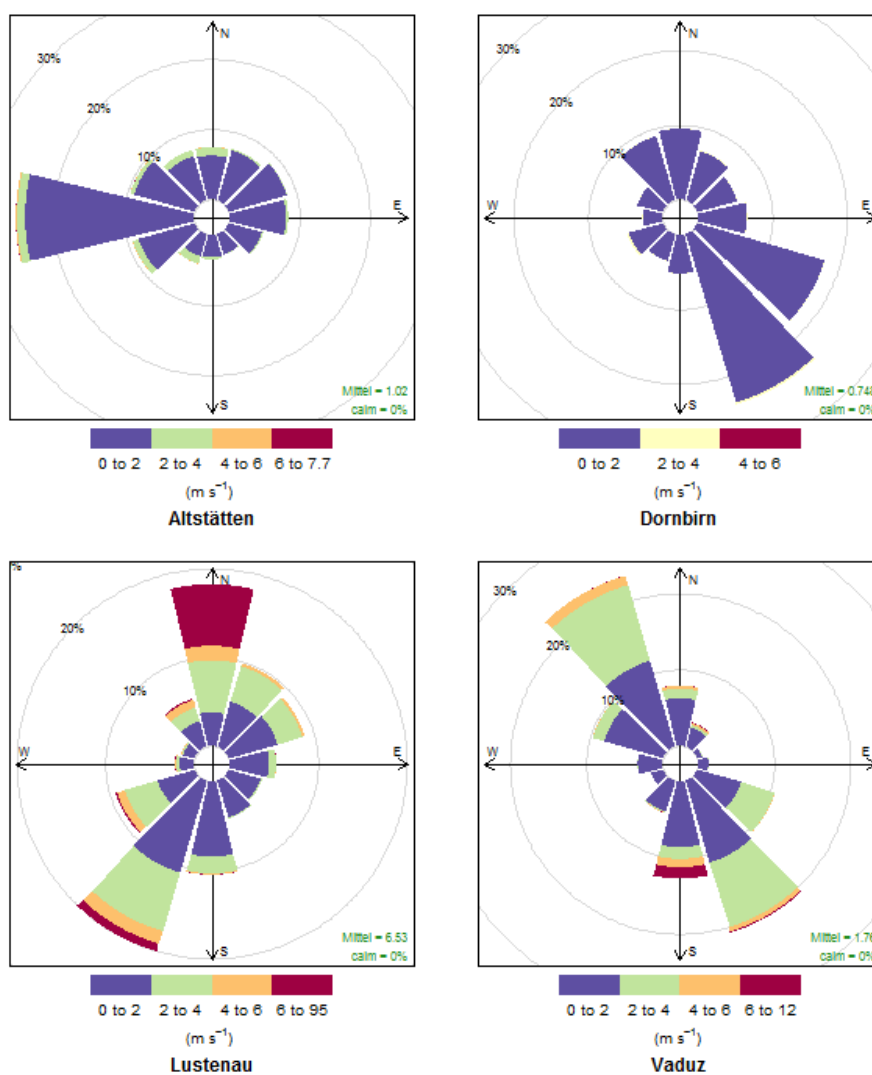


Abb.7: Windrosen für Altstätten, Lustenau und Dornbirn anhand der Winddaten der Messstationen (01/2014-03/2015) und für Vaduz (Daten von MeteoSchweiz für 2011).

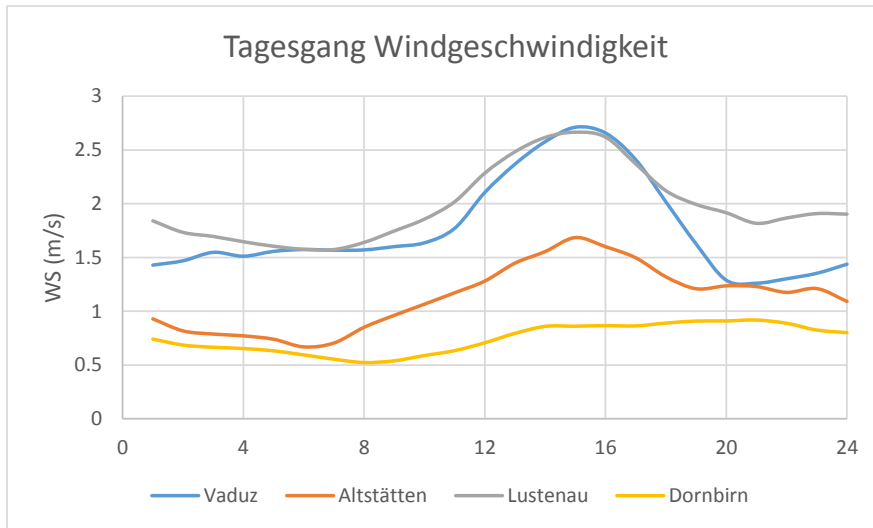


Abb.8: Durchschnittlicher Tagesverlauf der Windgeschwindigkeit.

In Vaduz und Lustenau herrschen nachts Südwinde vor, diese resultieren aus den Hangabwinden des gesamten Einzugsgebietes, die der Topographie des Rheintals folgen. Tagsüber weht der Wind aus der entgegengesetzten Richtung. Die Windrichtungen wurden separat für Sommer und Winter analysiert (hier nicht gezeigt), es gibt jedoch keinen jahreszeitbedingten Unterschied im Tagesverlauf, lediglich eine leichte zeitliche Verschiebung.

4.2 Luftschadstoffe

4.2.1 Messungen zwischen Januar 2014 und März 2015, Belastungsübersicht

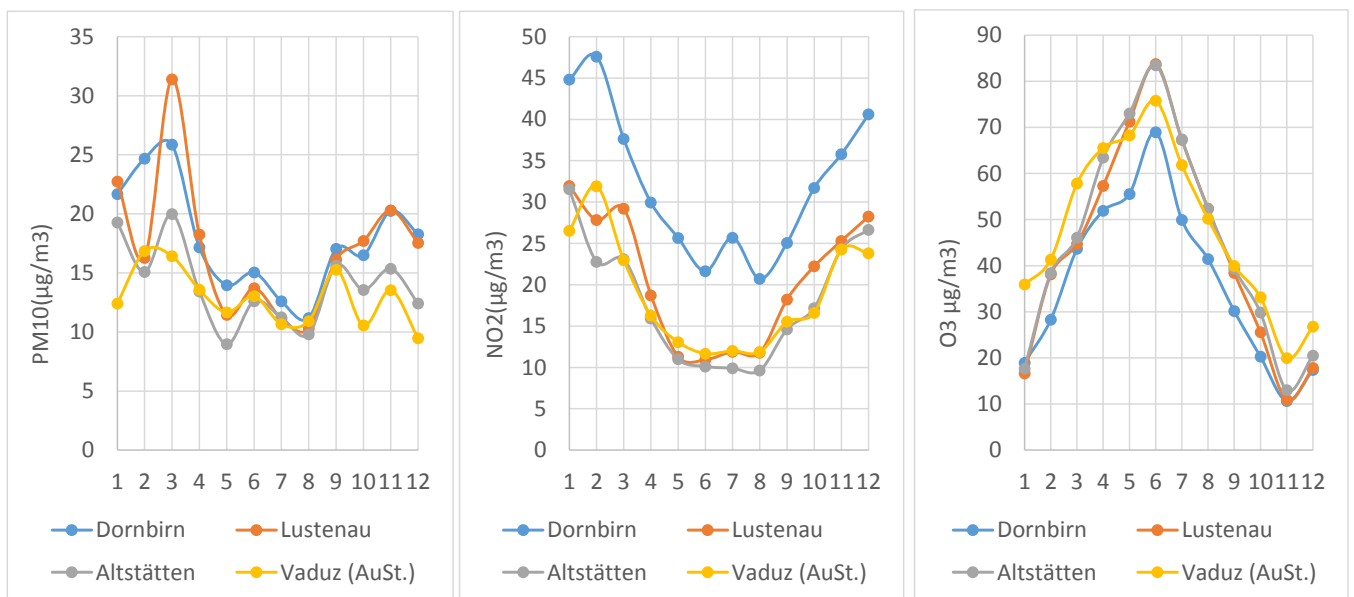


Abb. 9: Monatsmittel der Schadstoffkonzentrationen für Feinstaub PM10, Stickstoffdioxid und Ozon an den Stationen Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz Austrasse, Messungen von 01/2014 - 03/2014 (Vaduz-Austrasse 01-12/2014).

Abb. 9 zeigt die Monatsmittelwerte für PM10, NO₂ und O₃ an den Stationen Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz Austrasse. Der Jahresverlauf der PM10 Konzentrationen ist in den Sommermonaten an allen vier Stationen sehr ähnlich und bewegt sich in der Grössenordnung 10-15 µg/m³. Im Winter liegen die Belastungen in Altstätten und Vaduz (<20 µg/m³) tiefer als in Lustenau und Dornbirn (15-32 µg/m³). An allen Stationen wurden die höchsten Konzentrationen Anfang 2014 erreicht, diese sind auf den Einfluss von Inversionswetterlagen zurückzuführen. Für NO₂ sind die Monatsmittelwerte an den drei Stationen Altstätten, Lustenau und Vaduz nahezu identisch und bewegen sich zwischen 10 µg/m³ im Sommer und 30 µg/m³ im Winter. Der strassennahe Standort Dornbirn erreicht im Vergleich ganzjährig 30% höhere NO₂ Belastungen aufgrund der direkten Primäremissionen und der geschlossenen Bebauung. Auch die Ozonbelastungen an den Standorten Altstätten, Lustenau und Vaduz sind sehr ähnlich, Höchstwerte von 70-80 µg/m³ werden im Juni erreicht. In Dornbirn liegen die Konzentrationen etwa 15% tiefer, dies lässt sich durch die Abbaureaktionen von Ozon durch Stickoxide erklären.

Abb. 10 (links) zeigt die Jahresmittelwerte für die Messstationen im Rheintal. Auch hier zeigt sich das ähnliche Schadstoffniveau an den Standorten Altstätten, Lustenau und Vaduz. Höchste O₃ Konzentrationen mit einem Jahresmittel von fast 50 µg/m³ werden in Vaduz erreicht. In Dornbirn liegt das NO₂-Niveau über dem Jahresmittel von 30 µg/m³, an den anderen Stationen hingegen weit unter dem LRV-Grenzwert. PM10 Konzentrationen sind aufgrund der hohen atmosphärischen Lebensdauer von PM10 vor allem durch das stabile Hintergrundniveau bestimmt. An den vier betrachteten Standorten liegen die Jahresmittel zwischen 13 und 17 µg/m³. Der Jahresmittelgrenzwert für PM10 von 20 µg/m³ wird an keiner der Stationen erreicht.

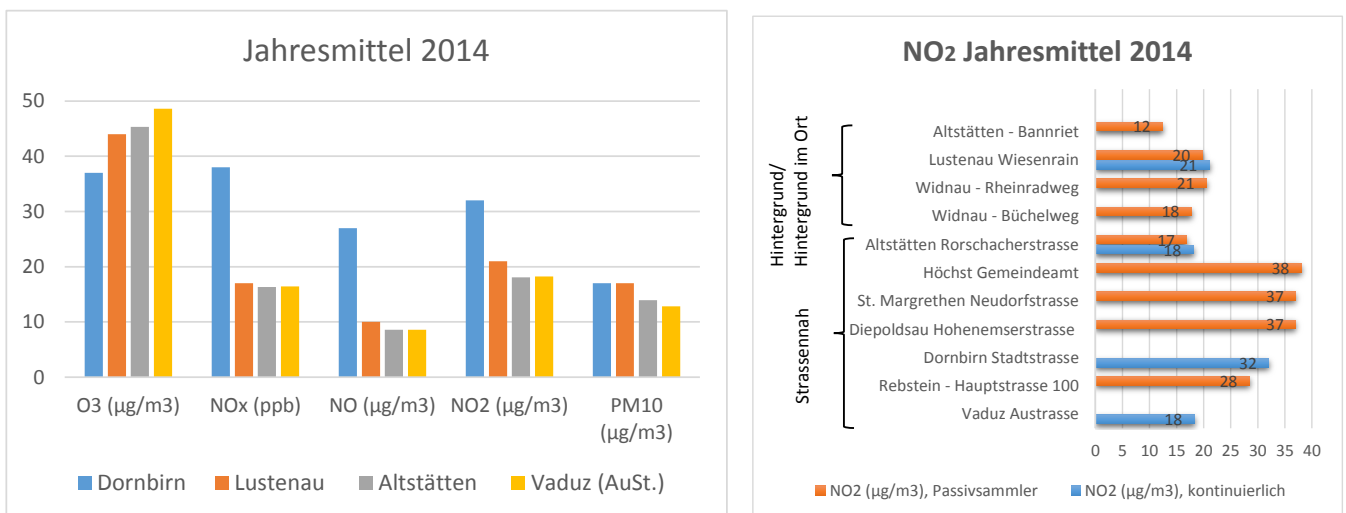


Abb. 10, Links: Jahresmittelwerte für Ozon, Stickoxide und Feinstaub PM10 an den Stationen Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz, 2014. **Rechts:** Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid an verschiedenen Orten im Rheintal (kontinuierliche Messungen und Passivsammlerdaten).

Für 2014 sind neben den zuvor gezeigten NO₂ Jahresmittelwerten auch NO₂ Jahresmittel aus Passivsammlermessungen verfügbar. Diese sind in Abb. 10 (rechts) dargestellt. Bei den Standorten handelt es sich einerseits um Hintergrundorte, andererseits um strassennahe Lagen. Für Altstätten und Lustenau sind zwei Werte verfügbar, die Passivsammlerjahresmittel liegen dabei leicht unter den kontinuierlich gemessenen Jahresmitteln. Der Standort Widnau-Rheinradweg liegt nur wenige hundert Meter Luftlinie vom Standort Lustenau

entfernt. Die Lage am unbebauten Rheindamm ist bei beiden Standorten sehr ähnlich, auch die NO₂ Jahresmittel unterscheiden sich an beiden Orten kaum. Der Standort Widnau-Büchelweg ist ein Hintergrundstandort direkt im Ort Widnau, die NO₂ Belastung ist dort geringer als am Rheindamm. Der Ort Rebstein befindet sich 3 km nordöstlich von Altstätten und der Passivsammler wurde dort ca. 2 m neben der Hauptstrasse in einer Strassenschlucht befestigt. Die Hauptstrasse fungiert als direkte Verlängerung der Rorschacherstrasse in Altstätten und hat einen ähnlichen Verkehrsfluss. Dennoch liegt die NO₂ Belastung in Rebstein etwa 10 µg/m³ über der in Altstätten. Der Unterschied kann zum einen durch nähere Strassenlage des Passivsammlers erklärt werden, zum anderen ist die Bebauung am Messort Rebstein wesentlich geschlossener, als am Standort Altstätten. Besonders stark belastete Standorte mit NO₂ Konzentrationen knapp unter 40 µg/m³ im unteren Rheintal sind St. Margrethen Neudorfstrasse, Höchst Gemeindeamt und Diepoldsau Hohenemserstrasse. Die ersten beiden Standorte liegen Luftlinie nur wenige hundert Meter auseinander und sind durch den starken Verkehrsfluss am Grenzübergang St. Margrethen/ Höchst beeinflusst. Der Standort in Diepoldsau liegt an der Hauptverkehrsachse im Gemeindezentrum und in Verlängerung zum Grenzübergang Hohenems. Einen abgelegenen Hintergrundstandort im Rheintal stellt Altstätten-Bannriet dar, der Messort liegt ca. 3 km vor Altstätten zwischen Feldern. Die NO₂ Belastung beträgt hier 12 µg/m³.

4.2.2 Mittlere Tages- und Wochengänge

Abbildung 11 zeigt Tagesgänge in Stundenmittelwerten für Ozon, Feinstaub PM₁₀ und Stickstoffdioxid an den Standorten Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz im Sommer und Winter. O₃ bildet sich im Tagesverlauf aus Stickoxiden und anderen Vorläufersubstanzen unter Einwirkung des Sonnenlichts, maximale Konzentrationen werden daher gegen Nachmittag erreicht. An allen Standorten zeigt sich der Einfluss des Verkehrs. Zu den Hauptverkehrszeiten wird O₃ lokal durch die Verkehrsemissionen abgebaut und die Konzentrationen sinken. Entsprechend sind auch an der stark verkehrsbelasteten Station Dornbirn die Ozonkonzentrationen ganztägig am niedrigsten. Auch NO₂ zeigt einen stark verkehrsabhängigen Tagesverlauf, der Morgen- und Abendpeak sind deutlich an allen Stationen erkennbar. In Altstätten, Lustenau und Vaduz bewegen sich die NO₂ Konzentrationen zwischen 5-20 µg/m³ im Sommer und 15-35 µg/m³ im Winter. In Dornbirn werden Spitzenwerte von 35 µg/m³ im Sommer und 55 µg/m³ im Winter gemessen.

Für PM₁₀ ist der lokale Einfluss des Verkehrs nur relativ klein. An den vier Standorten bewegen sich die Konzentrationen im gemittelten Tagesgang in der Grössenordnung 8-16 µg/m³ im Sommer und 10-28 µg/m³ im Winter. Die PM₁₀ Belastung wird einerseits durch das Hintergrundniveau bestimmt, andererseits hat der Wind einen lokalen Einfluss auf die PM₁₀ Konzentrationen. In Altstätten und Dornbirn werden nachts tiefste Konzentrationen durch den abendlichen Bergabwind herbeigeführt. In Lustenau werden die tiefsten Konzentrationen hingegen tagsüber gemessen, wenn das Tal durchlüftet ist. Abends und nachts steigen die Konzentrationen stark an. Einen Einfluss können dabei die Autobahn im Südwesten und die umliegenden Kamine haben. Zusätzlich werden am Abend die Schadstoffe aus den nahen Agglomerationen durch die Hangabwinde in die Talmitte verfrachtet. In Vaduz gleicht der PM₁₀ Tagesverlauf im Winter dem von Lustenau, im Sommer eher dem von Altstätten und Dornbirn. An allen Stationen ausser Vaduz sind die Winterkonzentrationen für PM₁₀ etwa 30% höher als im Sommer, in Vaduz ist das Niveau ganzjährig ähnlich.

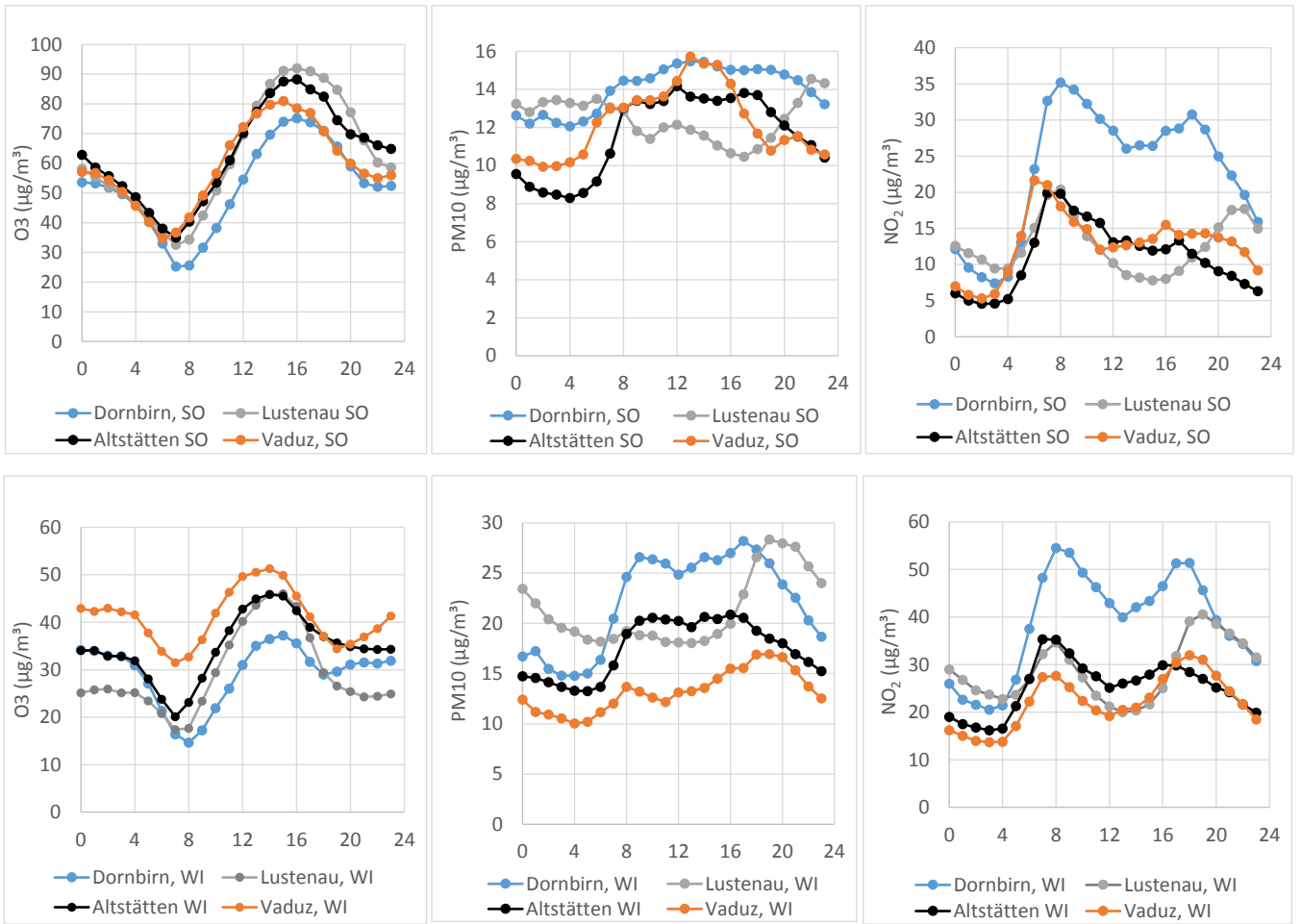


Abb. 11: Tagesgänge (in Stundenmittelwerten) für Ozon, Feinstaub PM₁₀ und Stickstoffdioxid an den Standorten Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz Austrasse im Zeitraum 01/2014 - 03/2015 (Vaduz-Austrasse 01-12/2014) für Sommer (oben) und Winter (unten).

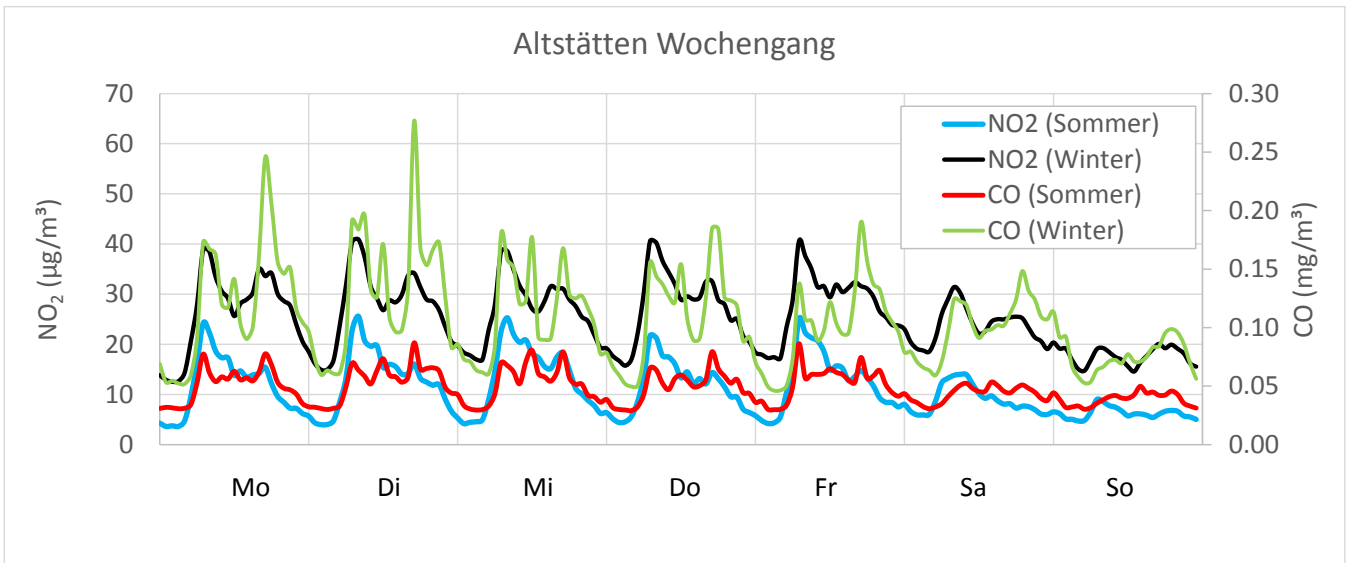


Abb. 12: Wochengang (in Stundenmittelwerten) für Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid in Altstätten für Sommer und Winter.

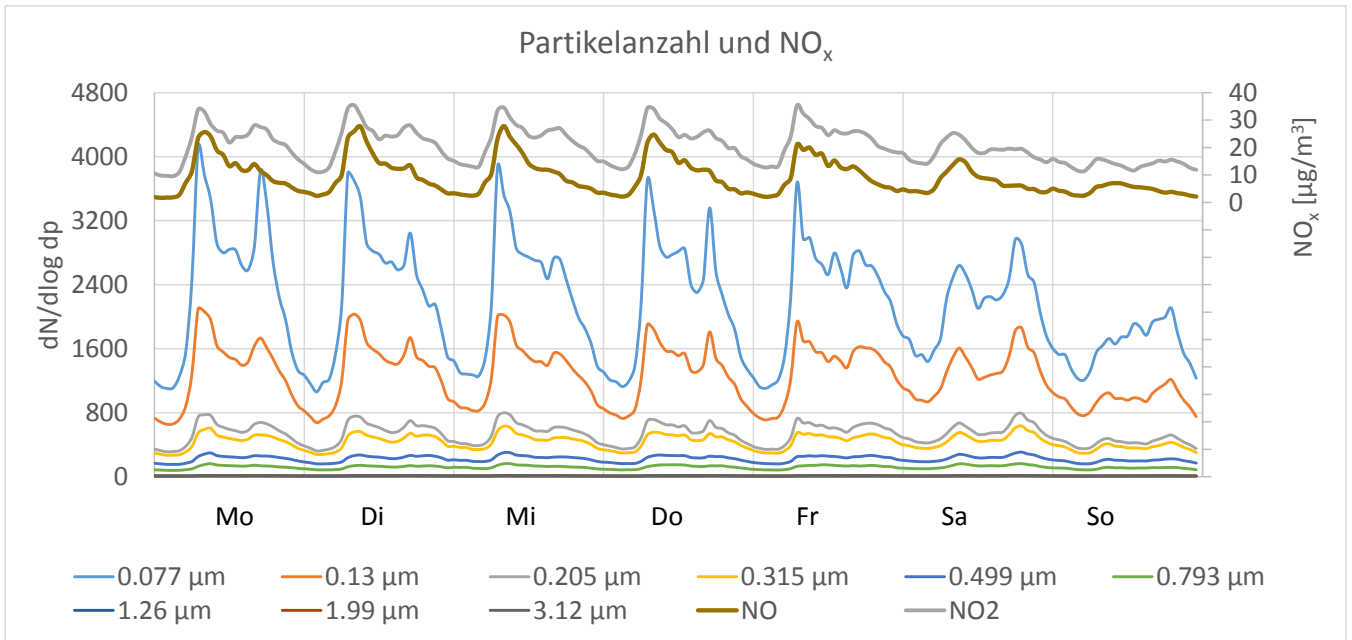


Abb. 13: Wochengang (in Stundenmittelwerten) der Partikelanzahl in verschiedenen Grössenklassen und Stickoxiden in Altstätten.

Abbildung 12 zeigt den Wochengang von NO₂ und CO in Altstätten. Der Tagesverlauf von NO₂ und CO ist sehr ähnlich. Tageshöchstwerte werden zu den morgen- und abendlichen Hauptverkehrszeiten erreicht. An Werktagen sind die Konzentrationen bis zu zweimal höher als am Wochenende. Die CO Konzentrationen bewegen sich zwischen 0.03-0.08 mg/m³ im Sommer und erreichen bis zu 0.25 mg/m³ im Winter (Stundenmittelwerte).

Am Messort Altstätten wurden neben den Gasen auch Partikelkonzentrationen mit Grössen zwischen 77 nm und 3.12 µm gemessen. In diese Auswertung werden neun Grössenklassen miteinbezogen. Die kleinsten beiden Grössenklassen (77 nm und 130nm) entsprechen typischerweise primär gebildeten Partikeln, wie sie z.B. bei Verkehrsemissionen entstehen. In Abbildung 13 ist der Wochengang der neun Grössenklassen zusammen mit NO₂ und NO dargestellt. Die grössten Anzahlkonzentrationen werden stets in der kleinsten Grössenklasse von 77 nm registriert und zeigen einen ähnlichen Tagesverlauf wie die Stickoxide. Die maximalen Konzentrationen werden dabei an den Werktagen während der morgen- und abendlichen Hauptverkehrszeit erreicht. Am Wochenende sind die Belastungen etwa 40% geringer. Abb. 14 zeigt die Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen NO₂, NO, CO und den verschiedenen Partikelgrössenbereichen. Die Partikel der kleinsten Grössenklassen, die direkt aus dem Strassenverkehr emittiert werden, korrelieren wie zu erwarten hoch mit den drei verkehrsrelevanten Gasen (r > 0.8).

	Partikelgrössenklassen (dN/dlogDp)								
	0.077 µm	0.13 µm	0.205 µm	0.315 µm	0.499 µm	0.793 µm	1.26 µm	1.99 µm	3.12 µm
NO [µg/m ³]	0.87	0.85	0.79	0.75	0.71	0.71	0.82	0.37	0.12
NO ₂ [µg/m ³]	0.92	0.92	0.87	0.83	0.78	0.74	0.86	0.52	0.28
CO [µg/m ³]	0.83	0.84	0.85	0.83	0.80	0.74	0.80	0.70	0.55

Abb. 14: Korrelation (Pearson) zwischen der Partikelanzahl in den verschiedenen Grössenklassen mit Stickoxiden und CO in Altstätten (Stundenmittelwerte).

4.2.3 Grenzwertüberschreitungen

In Abb. 15 sind die Grenzwertüberschreitungen in Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz dargestellt. Nach LRV betragen diese für

O₃ :120 µg/m³ (Stundenmittelwert),

NO₂: 80 µg/m³ (Tagesmittelwert),

PM10: 50 µg/m³ (Tagesmittelwert).

	Jan 14	Feb 14	Mrz 14	Apr 14	Mai 14	Jun 14	Jul 14	Aug 14	Sep 14	Okt 14	Nov 14	Dez 14	Jan 15	Feb 15	Mrz 15
Altstätten															
O ₃ (1h)	0	0	0	5	19	75	25	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂ (24h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
PM10 (24h)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Dornbirn															
O ₃ (1h)	0	0	0	0	0	34	6	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂ (24h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10 (24h)	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Lustenau															
O ₃ (1h)	0	0	3	7	29	105	39	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂ (24h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10 (24h)	1	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
Vaduz															
O ₃ (1h)	0	0	2	2	29	24	11	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂ (24h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM10 (24h)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abb. 15: Grenzwertüberschreitungen Ozon, Stickstoffdioxid und PM10.

PM10 Grenzwertüberschreitungen¹ fanden an allen Stationen vereinzelt im Winterhalbjahr statt, oft im Zusammenhang mit Inversionswetterlagen. Auffallend ist der 22. Mai 2014, an diesem Tag wurde der PM10

¹ An den Ostluftmessstationen Altstätten und Vaduz werden zur Bestimmung von Grenzwertüberschreitungen die Tagesmittelwerte der kontinuierlichen PM10 Messungen verwendet (Beta-Staubmeter oder Teom). Die kontinuierlichen Messreihen werden jährlich gegen die High-Volume Sampler Filtermessungen aufgetragen, so dass eine lineare Anbindungsfunktion (auf Basis von Tagesmittelwerten) bestimmt werden kann.

Die PM10 Grenzwertüberschreitungen der Vorarlberger Messstationen Dornbirn und Lustenau werden anhand der High-Volume Sampler Messungen festgelegt. Die OSTLUFT Ringkontrolle von 2014 (OSTLUFT, Bericht QS2014_001) am Standort Lustenau zeigte insgesamt eine gute Vergleichbarkeit zu den OSTLUFT Geräten. Die dortigen High-Volume Sampler Messungen fielen allerdings geringfügig niedriger aus, als beim OSTLUFT-Kontrollgerät. Bei Konzentrationen im Bereich des Grenzwerts ist daher unter Umständen eine Unterschätzung der Grenzwertüberschreitungen in Lustenau möglich. Die kontinuierlichen PM10 Messungen (SHARP) stimmten bei der Ringkontrolle sehr gut mit dem Kontrollgerät überein. Dieser Sachverhalt erklärt die Unterschiede zwischen den Grenzwertüberschreitungen bestimmt aus den High-Volume Sampler Messungen und den kontinuierlich gemessenen Tagesmittelwerten (vgl. Abb. 12 und Abb.16).

Grenzwert an allen Messstationen überschritten, siehe auch Abb.15. Grund dafür war eine Saharastaubepisode über Mitteleuropa. Der NO₂ Tagesgrenzwert wurde an allen Standorten praktisch nie überschritten, eine Ausnahme bildet Altstätten, dort wurde der NO₂ Tagesgrenzwert zweimal im Februar 2015 überschritten.

Im Frühjahr und Sommer 2014 kam es an allen vier Stationen regelmässig zur Überschreitung des O₃ 1h-Grenzwertes. Relativ häufig wurde dieser in Altstätten und Vaduz-Austrasse überschritten, die meisten Überschreitungen fanden jedoch in Lustenau statt. Am strassennahen Standort Dornbirn waren O₃-Überschreitungen vergleichsweise am seltensten (Abbau durch Stickoxide).

4.2.4 Ausblick: Erste Messungen am Standort Vaduz Landesbibliothek

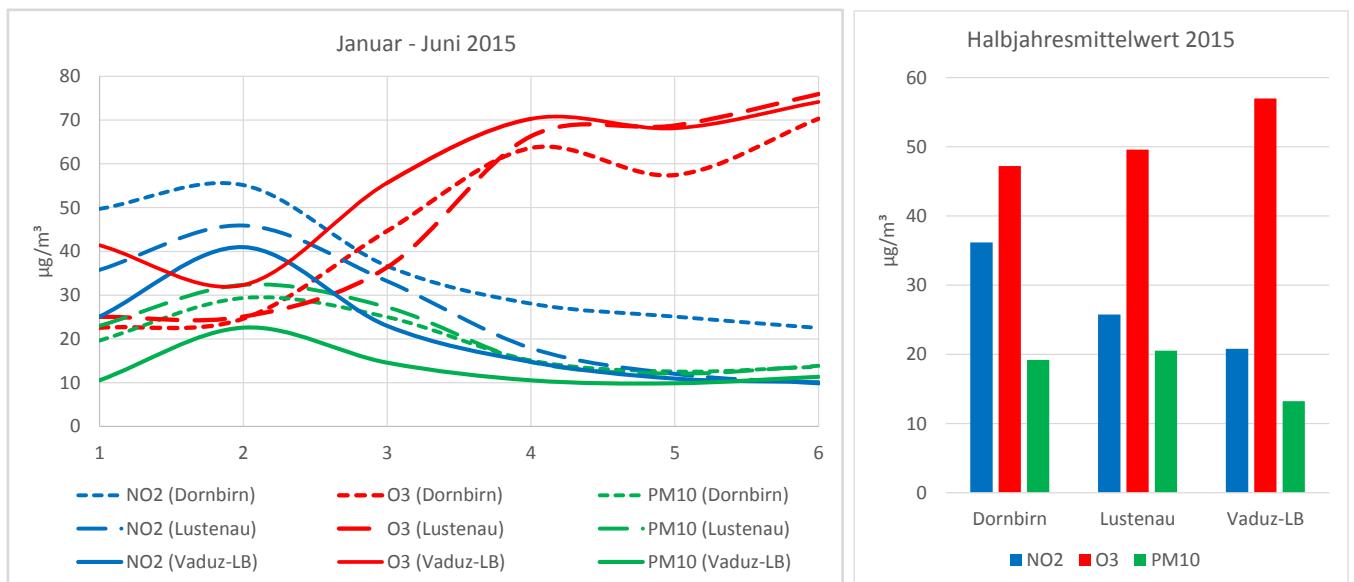


Abb. 16, Links: NO₂, O₃ und PM₁₀ Konzentrationen (Monatsmittelwerte Jan. bis Jun. 2015) an den Standorten Lustenau-Wiesenrain, Dornbirn und Vaduz-Landesbibliothek. Rechts: Halbjahresmittelwerte der NO₂, O₃ und PM₁₀ Konzentrationen.

Die Luftqualitätsmessungen in Altstätten wurden nach dem ersten Quartal 2015 abgeschlossen. Die bisherigen Auswertungen zeigen, dass die Station Altstätten kaum als verkehrsbelasteter Standort klassifiziert werden kann, ebenso wie die Station Lustenau-Wiesenrain stellt er einen typischen Agglomerationshintergrund im Rheintal dar. Im Folgenden wird untersucht, wie sich die Messstationen im Vergleich zur Station Vaduz-Landesbibliothek verhalten.

In Lustenau, Dornbirn und Vaduz- Landesbibliothek laufen die Messungen kontinuierlich weiter und es liegen zum jetzigen Zeitpunkt Daten für das gesamte erste Halbjahr 2015 vor. Die Daten erlauben eine erste Beurteilung der seit Januar 2015 laufenden Station Vaduz-Landesbibliothek. In Abb. 16, links, sind die NO₂, O₃ und PM₁₀ Konzentrationen an den Standorten Lustenau, Dornbirn und Vaduz-Landesbibliothek dargestellt und in Abb. 16, rechts, sind die entsprechenden Halbjahresmittelwerte aufgetragen. In Vaduz liegen die NO₂ Konzentrationen für das erste Halbjahr 2015 bei 21 µg/m³ und die PM₁₀ Konzentrationen bei 13 µg/m³. Damit fallen diese wesentlich

geringer aus als an den Standorten Lustenau und Dornbirn. O₃ ist an der Station Vaduz-Landesbibliothek wie im Vorjahr an der Messstation Vaduz-Austrasse vergleichsweise hoch.

Im Vergleich zu den Daten von 2014 sind die Schadstoffkonzentrationen im Jahr 2015 an allen betrachteten Stationen deutlich erhöht. Die NO₂ Konzentrationen an der städtischen Hintergrundstation Vaduz-Landesbibliothek erreichten im Frühjahr 2015 höhere Werte als im Frühjahr 2014 (vergl. Abb. 9 und 10) an der verkehrsbelasteten Messstation Vaduz-Austrasse. Obwohl der Standort Vaduz-Landesbibliothek auf den ersten Blick viel geringere Luftschadstoffkonzentrationen als die Stationen Lustenau und Dornbirn aufweist, ist zurzeit aufgrund des stark belasteten Frühjahrs 2015 und der noch geringen Datenmenge nicht absehbar, ob sich die Station langfristig als Siedlungshintergrundstation im Rheintal bewährt.

4.3 Inversionswetterlagen im Rheintal

4.3.1 Temperaturprofil Schellenberg

Zur Erfassung der Inversionswetterlagen (Höhe und Häufigkeit) im Rheintal, wurden am bewaldeten Nordhang des Schellenbergs kontinuierliche Temperaturmessungen mit Temperatursensoren durchgeführt. Dazu wurden analog zu früheren Projekten (Appenzell, Ebnat Kappel) sechs Sensoren in unterschiedlichen Höhen zwischen 440 m und 635 m montiert. Diese Temperaturmessungen erlauben eine Inversionserfassung in fünf Schichten.

Die Stärke einer Inversion wird über die Temperaturdifferenz zwischen zwei Messpunkten pro 100 Meter ($\Delta T/100 \text{ m} = X$) definiert:

keine Inversion:		$X < -0.5 \text{ °C}/100 \text{ m}$
schwache Inversion:	$-0.5 \text{ °C}/100 \text{ m} < X <$	$1.5 \text{ °C}/100 \text{ m}$
mittlere Inversion:	$1.5 \text{ °C}/100 \text{ m} < X <$	$4.0 \text{ °C}/100 \text{ m}$
starke Inversion:	$4.0 \text{ °C}/100 \text{ m} < X$	

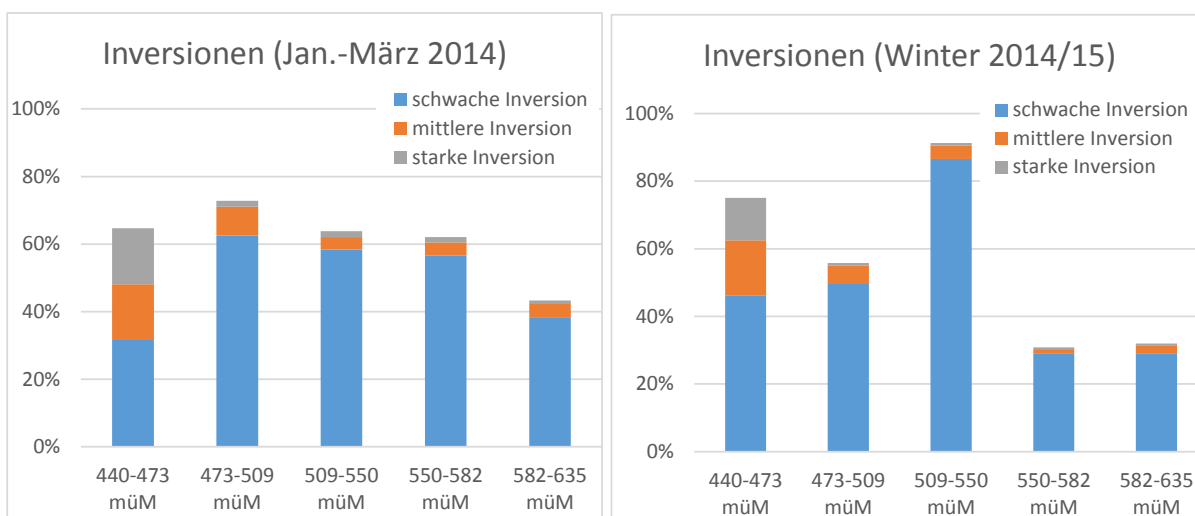


Abb. 17: Inversionsstärken in den verschiedenen Höhenintervallen (H5 für Winter Jan.-März 2014, z.T. unvollständige Messreihe des Temperatursensors)

Abbildung 17 zeigt die Auftrittshäufigkeit der Inversionen und Inversionsstärken (auf Grundlage von Stundenmittelwerten) am Schellenberg im Winter 2014 (Messungen Jan.-März) und im Winter 2014/15 (Okt. - März). In den beiden betrachteten Wintern fanden die starken und mittleren Inversionen am häufigsten im bodennächsten Höhenintervall statt. In dieser Höhenstufe machen die schwachen Inversionen nur 50-65% der gesamten Inversionen aus, während es in den drei höchsten Höhenstufen um 90% sind. Der Vergleich der beiden Winter zeigt, dass die Auftrittshäufigkeit von Inversionen in der zweiten bis vierten Schicht variiert.

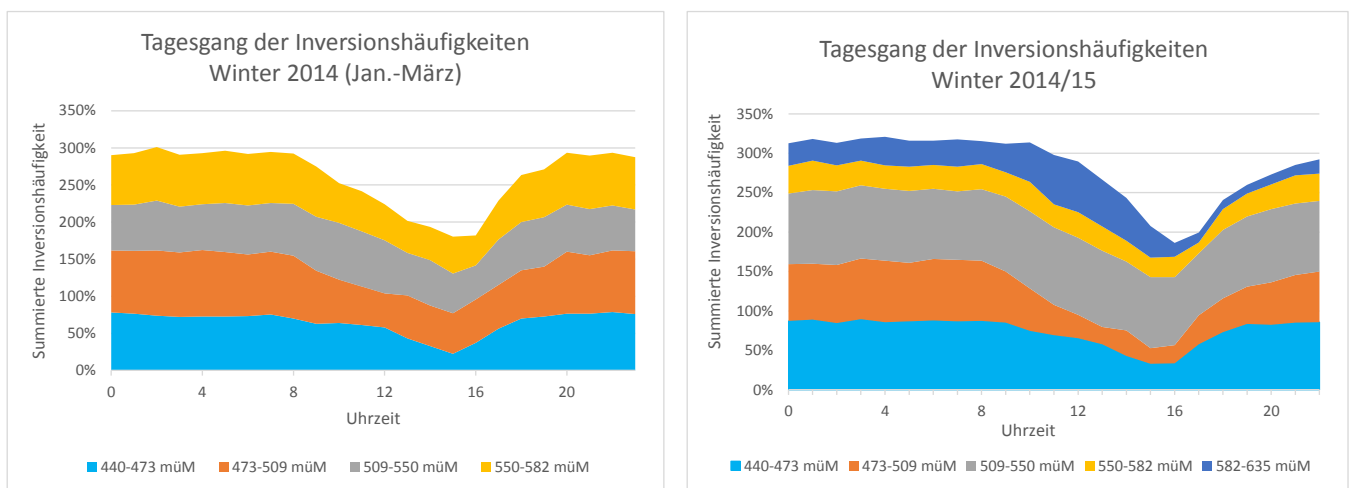


Abb. 18: Mittlerer Tagesgang der Inversionshäufigkeiten in Abhängigkeit von der Höhe.

In Abbildung 18 sind die mittleren Tagesgänge der Inversionshäufigkeiten für die beiden betrachteten Winter dargestellt. Analysiert wurden dafür alle Inversionen unabhängig von ihrer Stärke, also ab einer Temperaturdifferenz von $-0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Im Winter 2014/15 gab es längere Messausfälle des Sensors oberhalb der Höhenschicht 5, diese Daten werden hier deshalb nicht gezeigt. Für beide Winter ist deutlich zu sehen, dass sich Inversionswetterlagen häufig im Tagesverlauf mit steigender Sonneneinstrahlung auflösen. Dennoch gibt es auch viele Wintertage, an denen die Inversionsschicht bestehen bleibt. In der bodennächsten Schicht bleiben bis zu 50% der Inversionsschichten bestehen. Nachts gibt es mit einer Häufigkeit um 80% eine Inversion in den drei bodennächsten Schichten.

4.3.2 Schadstoffverläufe und Inversionen

Welchen Einfluss Inversionswetterlagen auf die PM10 Konzentrationen haben zeigt Abbildung 19 für die Standorte Altstätten und Vaduz, sowie Dornbirn und Lustenau. Als Mindestkriterium für eine Inversion wurde dabei eine Temperaturdifferenz von $-0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ in den ersten beiden Höhenstufen vorausgesetzt, anschliessend wurden die stündlichen Messdaten gruppiert (mit/ ohne Inversion) und Tagesgänge berechnet. Methodenbedingt gibt es die wenigsten Inversionswetterlagen zwischen Mittag und Nachmittag und die grössten Unsicherheiten entsprechend zeitgleich im Tagesgang. Wie die Abbildung zeigt, sind die PM10 Konzentrationen in Altstätten während der morgendlichen Hauptverkehrszeit sind zwischen 25-40% geringer, wenn keine Inversion vorliegt. In

Vaduz ist der Unterschied weniger stark ausgeprägt. In Lustenau und Dornbirn ist für beide Winter ein starker Unterschied zwischen Tagen mit und ohne Inversion erkennbar, die PM10 Konzentrationen sind bei Inversionen bis um das Zweifache erhöht.

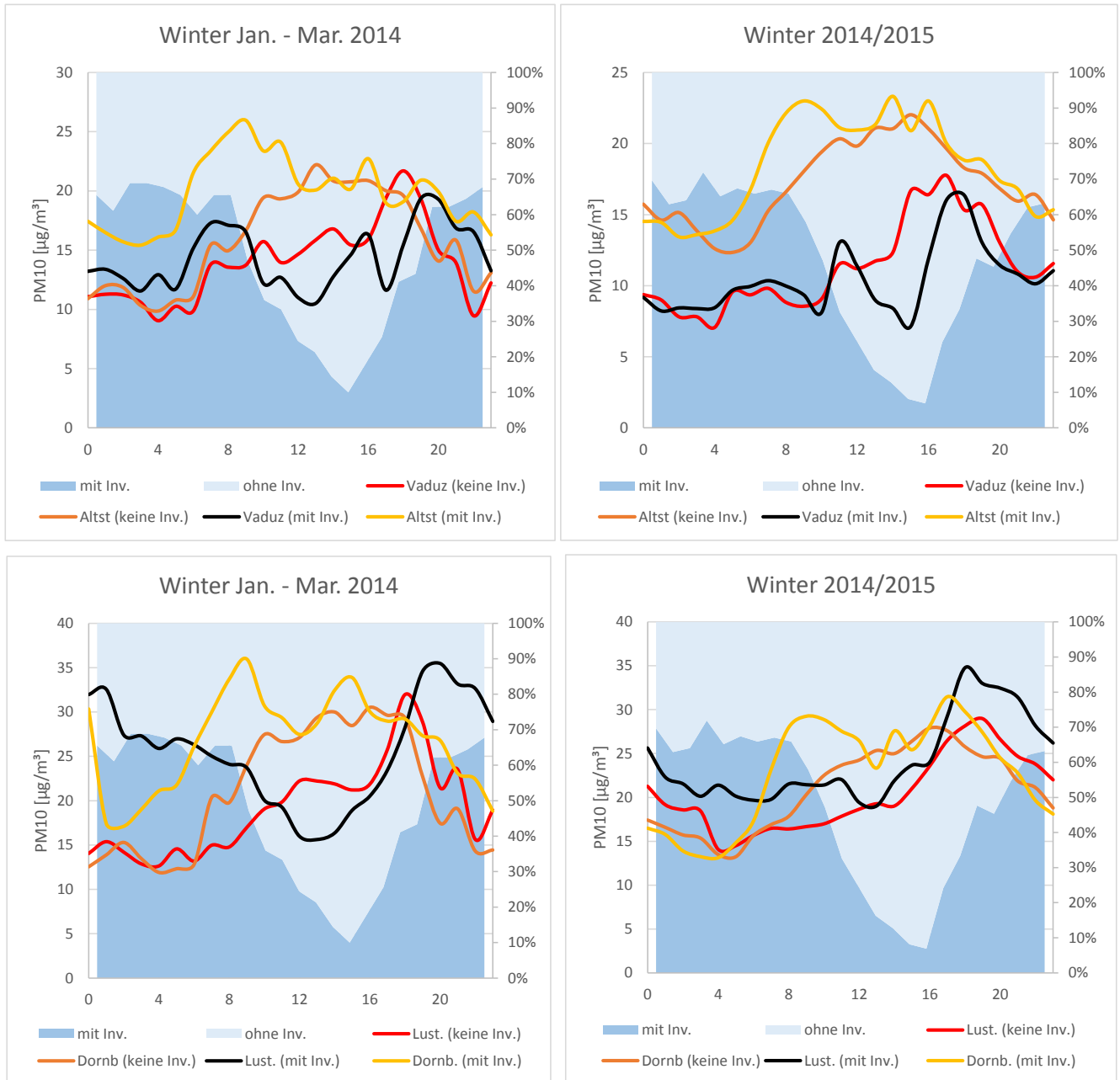


Abb. 19: Tagesverlauf der PM10 Konzentration mit und ohne Inversionslage (mindestens leichte Inversion in den zwei tiefsten Schichten). **Oben:** Altstätten und Vaduz, **Unten:** Dornbirn und Lustenau.

Die Verteilung von Inversionswetterlagen im Jahresverlauf ist zusammen mit den PM10 Konzentrationen in Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz und Niederschlagsdaten in Abbildung 20 gezeigt. Für PM10 zeigt sich deutlich der ähnliche Belastungsverlauf an den vier Stationen. Höchste Konzentrationen werden im Winter erreicht,

oft begleitet von Inversionen (z.B. März 2014). Niederschlag (in der Abbildung gezeigt) führt meist zu einem Absinken der PM10 Konzentrationen. Die meisten Grenzwertüberschreitungen kamen in Lustenau vor. Im Gegensatz zu anderen Stationen gibt es an diesem Standort keine nächtlichen Hangabwinde die saubere Luft herbeiführen, stattdessen akkumulieren sich die Schadstoffe.

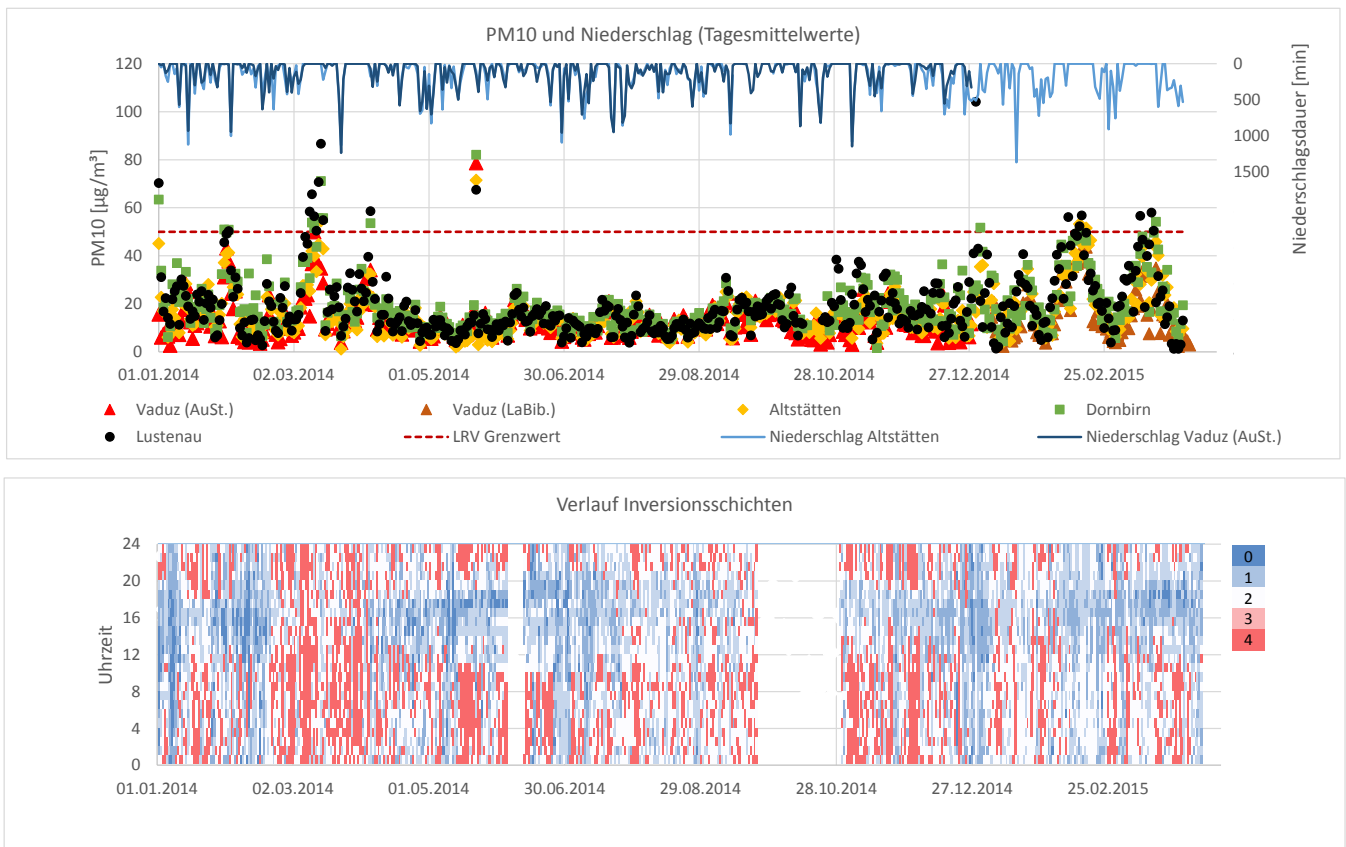


Abb. 20: Unten: Anzahl der Inversionsschichten in den vier bodennächsten Schichten. Oben: Zeitgleiche PM10 Konzentrationen (Tagesmittelwerte aus kontinuierlichen Daten ermittelt) für Altstätten, Lustenau, Dornbirn und Vaduz und Niederschlagsverlauf.

5 Fazit

Zwischen Januar 2014 und März 2015 wurden im Rahmen von OSTLUFT Luftqualitätsmessungen am Standort Altstätten Rorschacherstrasse im St. Galler Rheintal durchgeführt. Die Station befand sich strassennah am östlichen Ortseingang von Altstätten, wo das Verkehrsaufkommen bei etwa 11'000 Fahrzeugen pro Tag liegt. Das Rheintal weist durch seine Topographie klare Windrichtungspräferenzen auf, diese haben ganzjährig einen starken Einfluss auf den Verlauf der Schadstoffkonzentrationen. Neben Altstätten betreibt OSTLUFT die Station Vaduz-Austrasse im oberen Rheintal, zusätzlich werden die Stationen Lustenau und Dornbirn vom Land Vorarlberg betrieben. Die Daten dieser Stationen wurden mit denen aus Altstätten verglichen.

In Altstätten liegen die Jahresmittelwerte für PM10 bei $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für NO_2 bei $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für O_3 bei $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und befinden sich damit alle unter den entsprechenden Grenzwerten. In Vaduz und Lustenau unterscheiden sich die

Jahresmittelwerte der Leitschadstoffe nur minimal von denen in Altstätten, alle drei Stationen entsprechen typischen vor- bzw. kleinstädtischen Standorten mit mässigem Verkehrsaufkommen. Im Gegensatz zu den vorherigen drei Stationen sind in Dornbirn vor allem die Stickoxide aufgrund des direkten Verkehrseinflusses stark erhöht und die O₃ Konzentrationen fallen im Gegenzug etwas tiefer aus. Obwohl die betrachteten Jahresmittelwerte der Standorte Altstätten, Vaduz und Lustenau sehr ähnlich sind, gibt es grosse Unterschiede in den Tagesgängen. Während in Altstätten höchste PM₁₀ Konzentrationen tagsüber erreicht werden, kommen in Lustenau höchste PM₁₀ Belastungen während der Nacht vor. Grund dafür sind die völlig unterschiedlichen Windsituationen. An allen vier Standorten existiert ein grosser saisonaler Unterschied, im Winter sind die Feinstaubkonzentrationen bis zu 50% höher als im Sommer. Im Sommer fanden an allen Standorten regelmässige Überschreitungen des O₃ Stundenmittelgrenzwerts statt. Besonders häufig wurde dieser in Lustenau überschritten.

Neben den kontinuierlichen Messreihen liegen für mehrere Standorte NO₂ Messungen durch Passivsammler vor. Im Agglomerationshintergrund sind die Konzentrationen ähnlich wie in Altstätten, Vaduz-Austrasse und Lustenau-Wiesenrain. Eine nähere Strassenlage führt zu höheren Konzentrationen (z.B. Rebstein, 28 µg/m³ im Jahresmittel) und an besonders verkehrsbelasteten Messpunkten (z.B. in Diepoldsau oder St. Margrethen) liegen die NO₂ Konzentrationen mit fast 40 µg/m³ noch weit über dem Grenzwert. Geringe NO₂ Belastungen wurden innerhalb der hier betrachteten Stationen nur am Standort Altstätten-Bannriet festgestellt.

Im Messzeitraum wurden auch kontinuierliche Temperaturmessungen zur Erfassung von Inversionswetterlagen im Rheintal durchgeführt. Im Winter lagen an etwa 80% der Tage bodennahe Inversionen vor, diese lösten sich nur zu etwa 50% im Tagesverlauf auf. Inversionen tragen deutlich zu einer Schadstoffanreicherung bei. In Altstätten führten Inversionen zu bis zu 40% erhöhten Feinstaubkonzentrationen am Morgen und beeinflussten auch sonst den Tagesgang. In Vaduz war der Einfluss von Inversionen im Tagesgang weniger stark ausgeprägt. In Lustenau und Dornbirn führen Inversionen ebenfalls zu einer starken Erhöhung der PM₁₀ Konzentrationen. Generell zeigt sich an allen vier betrachteten Standorten, dass die Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes für Feinstaub meist bei Inversionswetterlagen stattfanden.

Abschliessend kann zusammengefasst werden: Der Standort Altstätten ist als strassennaher Standort ausgewählt worden. Im Vergleich zu abgelegenen Hintergrundstationen und strassennahen Stationen im Rheintal zeigt sich jedoch, dass die Schadstoffbelastungen an der Rorschacherstrasse in Altstätten eher denen an einer Hintergrundstation im Ort entsprechen. Gründe dafür sind der verhältnismässig grosse Abstand zur Strasse (drei Parkplätze Abstand), die lose Bebauung am Standort und der starke nächtliche Hangabwind, der zu einer Schadstoffverdünnung führt. Der Standort Lustenau-Wiesenrain, befindet sich am Ortsrand von Lustenau und weist geringfügig höhere Schadstoffkonzentrationen als Altstätten auf. Dies ist z.T. auf die windbedingte Akkumulation von Schadstoffen aus den nahen Agglomerationen und die nahe Autobahn zurückzuführen. Im Vergleich zu anderen Stationen im Ostluftgebiet ist Lustenau-Wiesenrain daher ebenfalls ein typischer Agglomerationshintergrund. Möglicherweise ist auch der seit Jan. 2015 neu betriebene Standort Vaduz-Landesbibliothek als Hintergrundstation geeignet, erste Auswertungen zeigen, dass die dortigen NO₂- und PM₁₀-Konzentrationen deutlich geringer als an den Stationen Lustenau und Dornbirn sind.