

Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 2

Auftraggeber

Amt der Burgenländischen Landesregierung
Abteilung 4 - Ländliche Entwicklung, Agrarwesen und Naturschutz
Hauptreferat - Natur-, Klima- und Umweltschutz
Landhaus, Europaplatz 1
7000 Eisenstadt

Durchführung

Kundenservice Fachabteilung Umwelt

Erstellt von

Mag. Claudia Flandorfer

Geprüft von

Dr. Kathrin Baumann-Stanzer

Wien, am 14. Oktober 2022

Zahl: 2019/UM/001237

www.zamg.at

1191 Wien, Hohe Warte 38
Tel +43 (0) 1 360 26 - 2403
Fax +43 (0) 1 360 26 - 74
E-Mail: umwelt@zamg.ac.at

Inhalt

Inhalt	3
1 Einleitung	5
2 Grundlagen	6
2.1 Meteorologische Bedingungen	6
2.2 Aerosolverteilung in der Grenzschicht.....	7
2.2.1 Messprinzip.....	8
2.2.2 Rückstreu-Diagramme	9
2.3 FLEXPART Rückwärtsmodellierung.....	10
3 Analyse der Feinstaubepisoden	13
3.1 Episode 1: August 2015	13
3.1.1 Immissionsituation.....	13
3.1.2 Meteorologie	14
3.1.3 Modellierung	19
3.2 Episode 2: November und Dezember 2016	21
3.2.1 Immissionsituation.....	21
3.2.2 Meteorologie	22
3.2.3 Modellierung	34
3.3 Episode 3: Jänner und Februar 2017.....	38
3.3.1 Immissionsituation.....	38
3.3.2 Meteorologie	39
3.3.3 Modellierung	51
3.4 Episode 4: Februar bis Mitte März 2018.....	55
3.4.1 Immissionsituation.....	55
3.4.2 Meteorologie	56
3.4.3 Modellierung	64
3.5 Episode 5: Mitte März bis Ende April 2019	68
3.5.1 Immissionsituation.....	68
3.5.2 Meteorologie	69
3.5.3 Modellierung	83
4 Zusammenfassung	87
5 Literatur und Quellen	89

1 Einleitung

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurde beauftragt, die Maßnahmen des „Feinstaubprogramm Burgenland 2016“ zu evaluieren.

Zur Reduktion der Feinstaubimmission wurden diverse Maßnahmen im Rahmen des Feinstaubprogramms definiert. Die Evaluierung des Feinstaubprogrammes findet in 3 Phasen statt:

In der ersten Phase wurden die PM10-Immissionssituation der letzten 5 Jahre (2015 bis 2019) analysiert. Dafür werden die Messungen der Luftgütemessstationen der Burgenländischen Landesregierung herangezogen. Ziel der Analyse war es, Feinstaubepisoden zu detektieren. Zusätzlich wurden diese Jahre klimatologisch betrachtet (ZAMG, 2020).

Im zweiten Teil der Evaluierung, welche im gegenständlichen Bericht erläutert wird, werden ausgewählte Feinstaubepisoden genauer betrachtet. Dafür werden für diese Episoden die meteorologischen Bedingungen sowie die groß- und kleinräumigen Ausbreitungsbedingungen beschrieben. Mittels Modellrechnungen werden Herkunftsanalysen durchgeführt, um potentielle Verursacher (z.B. ein bestimmter Emittent oder eine außergewöhnliche meteorologische Situation) zu lokalisieren.

Für die dritte Phase wird für ausgewählte Feinstaubepisoden (basierend auf den Ergebnissen aus Phase 2) eine vertiefende Analyse durchgeführt. Diese Analyse wird mittels Ausbreitungsrechnung für eine bestimmte Region anhand von verschiedenen Emissionsszenarien (z.B. mit/ohne LKW-Fahrverbot) untersucht. Schwerpunkt dabei ist die Evaluierung der Maßnahmen aus dem Feinstaubprogramm der Burgenländischen Landesregierung. Die Emissionsdaten für die verschiedenen Szenarien wurden von der Emissionsforschung Austria GmbH (EFA) bereitgestellt.

2 Grundlagen

2.1 Meteorologische Bedingungen

Zur Beschreibung der Großwetterlage wurden der Witterungsverlauf von der Homepage der ZAMG (www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/) und die Bodenwetterkarten (<https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetterkarte>) verwendet.

Zur Beurteilung der meteorologischen Situation vor und während der Feinstaubepisoden wurden Temperatur- und Windmessungen der TAWES-Stationen (Teilautomatische Wetterstation, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/messnetze/wetterstationen>) der ZAMG verwendet. Wie schon in der ersten Phase der Evaluierung wurden die Luftgütemessstationen in die Regionen Nordburgenland (Stationen Eisenstadt, Kittsee und Illmitz) und Südburgenland (Station Oberschützen) eingeteilt. Für jede dieser Regionen wurde eine repräsentative TAWES-Station ausgewählt. Natürlich kann eine einzelne Messstation nicht die meteorologischen Gegebenheiten für eine ganze Region im Detail wiedergeben. Für diese Analyse ist jedoch der allgemeine Verlauf der meteorologischen Messungen (z.B. Winddrehungen, Temperaturschwankungen) ausreichend.

Für die Analyse wurde die TAWES-Station Mattersburg für die Region Nordburgenland verwendet. Die TAWES-Station Bernstein wurde aufgrund der Nähe zur Luftqualitätsstation Oberschützen für die Region Südburgenland gewählt. Die Standorte dieser TAWES-Stationen sind in Abbildung 2-1 als Sterne und die Luftgütestationen als Kreise eingezeichnet. Farblich markiert sind die betrachteten Regionen Nordburgenland (blau) und Südburgenland (grün).

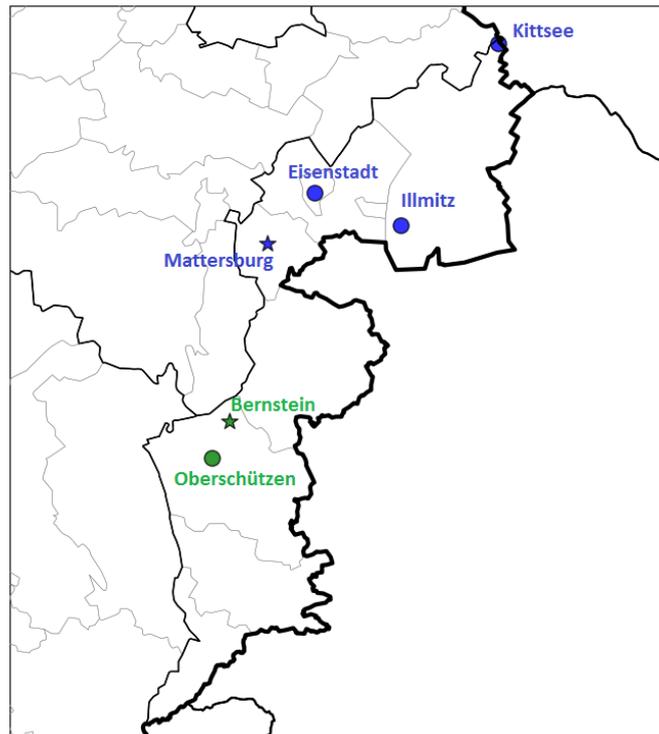


Abbildung 2-1: Standorte der Luftgütestationen (Kreise) und der TAWES-Stationen (Sterne) in den Regionen Nordburgenland (blau) und Südburgenland (grün).

Zusätzlich werden Messungen der Radiosonde in Wien Hohe Warte herangezogen, um Informationen über die vertikale Temperaturschichtung und die Windverhältnisse in der Grenzschicht zu erhalten.

2.2 Aerosolverteilung in der Grenzschicht

Wolkenhöhen und die vertikale Aerosolverteilung werden unter Verwendung eines bodengestützten Fernerkundungsverfahrens mit sogenannten Ceilometern gemessen.

Die ZAMG und Austrocontrol (ACG) betreiben ein Ceilometernetzwerk in Österreich mit Geräten des Typs Vaisala CL51 (ZAMG) und CL31 (ACG).

Die im weiteren Untersuchungsgebiet vorhandenen Ceilometerstandorte sind in Abbildung 2-2 zu sehen. Im Burgenland sind vier Ceilometer der ACG verfügbar:

- Eisenstadt
- Andau
- Güssing
- Lutzmannsburg

Die ZAMG hat direkten Zugriff auf die Aerosol-Rückstreupprofile der ACG-Ceilometer (grüne Punkte) in Eisenstadt (seit 18.4.2019), Andau (seit 3.5.2018) und Güssing (seit 1.8.2019). Von den VAMES-Stationen (rosa Punkte), zu denen auch das Ceilometer in Lutzmannsburg zählt, werden derzeit nur die Bewölkungsmessungen an die ZAMG übermittelt.

Für die gegenständliche Untersuchung werden die Rückstreupprofile des Ceilometers in Wien Hohe Warte verwendet, da an dieser Station bereits mehrjährige Messreihen vorliegen. Zusätzlich konnten die Rückstreupprofile der Ceilometer in Andau und Eisenstadt für die Analyse der Feinstaubepisode im Jahr 2019 (Kapitel 3.5) verwendet werden.

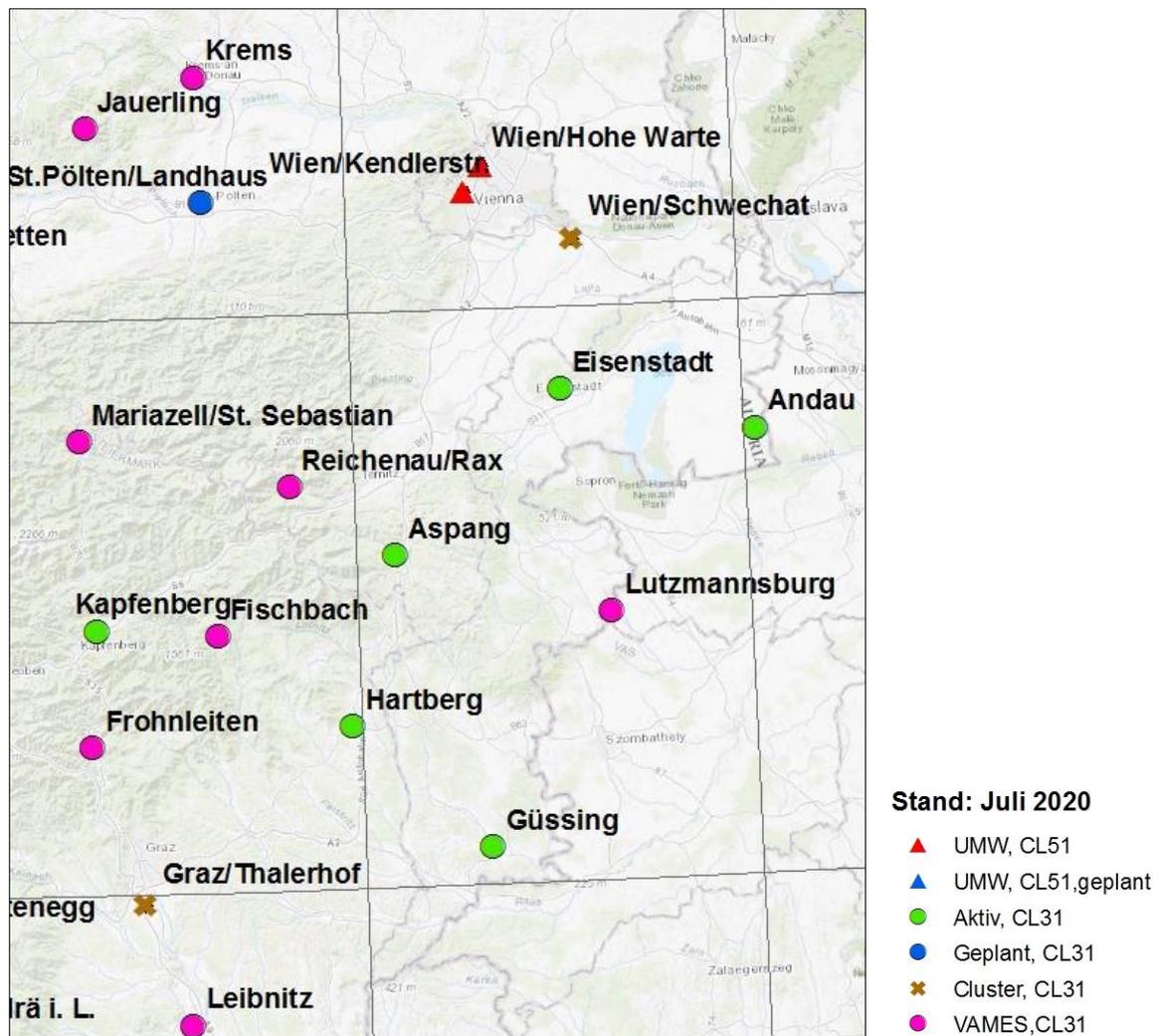


Abbildung 2-2: Ceilometer-Standorte der ZAMG und ACG im weiteren Untersuchungsgebiet.

2.2.1 Messprinzip

Ein Ceilometer nutzt das LIDAR (Light Detection And Ranging) -Verfahren als Messprinzip. Dabei werden kurze LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) - Impulse senkrecht in die Atmosphäre emittiert und dort an Aerosolen zurückgestreut. Aus der Laufzeit

und Intensität des rückgestreuten Lichtsignals kann auf Wolkenhöhen und die vertikale Aerosolverteilung geschlossen werden.

Dem Verfahren zur Ermittlung der Aerosolschichthöhen liegt die Annahme zugrunde, dass eine gut durchmischte Schicht durch eine vertikal annähernd konstante Aerosolkonzentration gekennzeichnet ist, die an der oberen Schichtgrenze abfällt. Es wird daher vom Boden ausgehend nach Minima des vertikalen Gradienten des Rückstreusignals gesucht. Die zugehörigen Entfernungen vom Erdboden werden als Aerosolschichthöhen ausgegeben.

2.2.2 Rückstreu-Diagramme

Aus den Ceilometerdaten können für jeden Tag sogenannte Rückstreudiagramme (Zeit-Höhen-Diagramme) mit eingezeichneten Wolkenhöhen („CBH“ ... cloud base height) und Aerosolkonzentrationen („BSP“ ... back scatter profile) ausgegeben werden. Niedrige Aerosolkonzentrationen werden in Blau dargestellt. Bereiche mit erhöhten Aerosolkonzentrationen sind grün, sehr hohe gelb bis rot dargestellt. Die schwarzen Punkte zeigen die unterste Wolkenschicht und die weißen Punkte alle detektieren Aerosolschichthöhen.

In Abbildung 2-3 ist das Rückstreudiagramm vom Ceilometer in Wien Hohe Warte vom 9. Oktober 2014. In diesem Beispiel sieht man deutlich, wie die Höhe der bodennächsten Aerosolschicht (Mischungsschicht) von anfangs wenigen hundert Meter über Grund im Laufe des Tages bis auf ca. 1500 m Höhe über dem Boden zunimmt (besonders nach Auflösung der schwarz eingezeichneten Wolkenschicht), um am Abend wieder rasch abzunehmen. Die Abbildung beschränkt sich auf die untersten 4 km der Atmosphäre und zeigt somit den für die atmosphärische Grenzschicht relevanten Bereich, innerhalb dem die Mischungsschichthöhe „MLH“ (mixing layer height) anhand der Rückstreuprofile bestimmt werden kann.

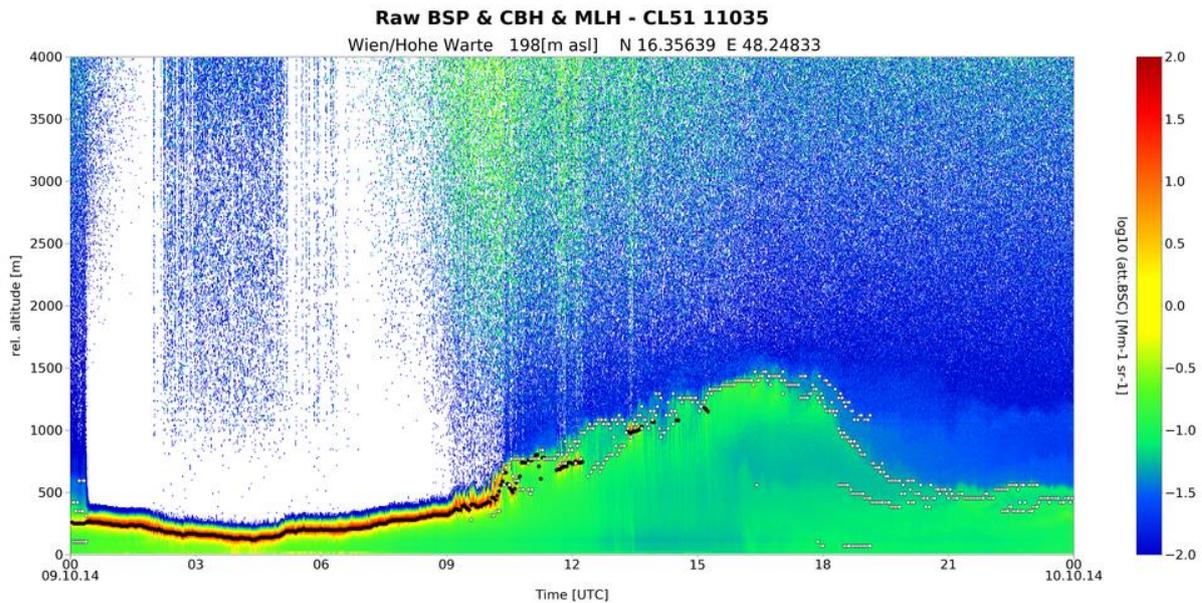


Abbildung 2-3: Rückstreuendiagramme vom Ceilometer Wien Hohe Warte vom 9.10.2014.

2.3 FLEXPART Rückwärtsmodellierung

Für die Berechnung der Ausbreitung der Emissionen wurde das Modell FLEXPART verwendet. FLEXPART (FLEXible PARTicle dispersion model, www.flexpart.eu) ist ein Lagrang'sches Partikel Transport- und Dispersionsmodell (Stohl et al., 2005), das sich für die Simulation von atmosphärischen Transportprozessen von mittlerer und großer Reichweite eignet, sofern keine komplexen chemischen Reaktionen zu berücksichtigen sind. Die Anwendungen von FLEXPART reichen vom Transport von Radionukliden bis zur Ausbreitung von Luftschadstoffen (z.B. SO_2 , PM). Der Output von FLEXPART eignet sich auch zur inversen Modellierung von z.B. Treibhausgasen, Saharastaub, SO_2 oder Vulkanasche, welche die Ermittlung von Emissionsquellen erlaubt (Kristiansen et al., 2012; Baumann-Stanzer et al., 2019). FLEXPART wurde aus dem Vorgängermodell FLEXTRA (FLEXibel TRAjjectory Model) heraus entwickelt (Stohl, 1999).

Für diese konkrete Fragestellung wurde das Modell im sogenannten Rückwärtsmodus verwendet, d.h. dass die Ausbreitungsrechnung nicht von einer bekannten Quelle weg erfolgt, sondern von einer definierten Messstation, und die meteorologischen Eingangsdaten in umgekehrter zeitlicher Reihenfolge eingehen. Die Ausbreitung der Dispersionswolke zeigt dann an, welche Gebiete (und die darin befindlichen Quellen) zu welchen Zeitpunkten einen Beitrag zu Immissionskonzentrationen an der betreffenden Station geliefert haben könnten (sofern die Quellen tatsächlich aktiv waren). Das Ergebnis dieser Modellberechnungen wird als Quell-Rezeptor-Sensitivität (QRS) (bzw. Source Receptor Sensitivity, SRS) bezeichnet. Je länger eine

hohe QRS über einem Gebiet zu sehen ist, umso mehr können dieses Gebiet und die dort befindlichen Quellen (bei im betreffenden Zeitraum vorhandenen Freisetzungen) zu einer gemessenen Konzentration beitragen. Wichtig ist dabei, dass es sich bei den gegenständlichen Modellergebnissen um die QRS in der Bodenschicht (bis etwa 100 m über Grund) handelt. Die gemessenen Immissionswerte könnten zusätzlich auch von höheren Quellen in anderen Gebieten beeinflusst worden sein, was aber im Rahmen der hier untersuchten Fälle nicht zu erwarten ist.

In Abbildung 2-4 ist ein Beispiel für ein QRS-Feld dargestellt. Alle Berechnungen im vorliegenden Bericht sind in stündlichen Schritten durchgeführt. Die in den Abbildungen angegebene Uhrzeit gibt den Anfang des betrachteten Zeitfensters an, d.h. im Beispiel 8.2.2018 12:00 UTC steht für das Zeitfenster von 8.2.2018 12:00 UTC bis 13:00 Uhr. Je höher der Faktor $[1/m^3]$ in den dargestellten QRS-Feldern ist, desto höher ist der Beitrag des Gebietes an der gemessenen Feinstaubkonzentration, vorausgesetzt, ein PM10-Emittent ist in diesem Gebiet situiert. Da die Quellen jedoch räumlich nicht gleichverteilt sind, ist in der Interpretation zu berücksichtigen: geringere Freisetzungen in Bereichen mit hohem QRS-Wert können zu gleichen Messwerten führen wie hohe Freisetzungen in Bereichen mit niedrigem QRS-Wert. Ein Beitrag durch PM10-Emittenten, die in einem Gebiet situiert sind, in welchem die Modellierung für QRS Null liefert, ist jedoch auszuschließen. Je weiter man in der Zeit bei der Rückwärtsmodellierung zurückgeht, desto größer wird im Allgemeinen das Herkunftsgebiet.

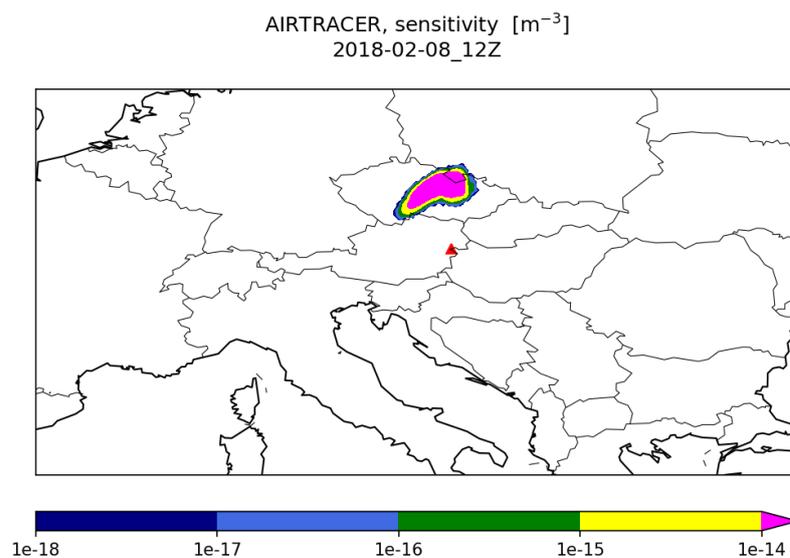


Abbildung 2-4: Beispiel eines FLEXPART QRS Feldes. Das Zielgebiet ist mit einem roten Dreieck markiert.

Für den vorliegenden Bericht wurden für die auffälligen Feinstaubepisoden jeweils drei FLEXPART Berechnungen durchgeführt. Für die Berechnungen muss ein „Zielgebiet“ definiert

werden, bei dem die Luft ankommt. Das Zielgebiet kann ein Punkt, aber auch eine Fläche sein. Da es nicht sinnvoll ist, das ganze Burgenland als Zielgebiet zu definieren, wurden die Zielgebiete anhand der Standorte der Luftgütemessstationen ausgewählt:

- Kittsee
- Eisenstadt und Illmitz
- Oberschützen

Die Zielgebiete für Kittsee und Oberschützen wurden als Punkt auf den Stationskoordinaten definiert. Eisenstadt und Illmitz wurden in ein Zielgebiet zusammengefasst, das Zielgebiet erstreckt sich von $47.709^{\circ}/16,483^{\circ}$ (l.u.) bis $47,866^{\circ}/16,833^{\circ}$ (r.o.) und hat eine Ausdehnung von etwa 26 x 18 km. Die ausgewählten Gebiete sind in Abbildung 2-5 dargestellt.

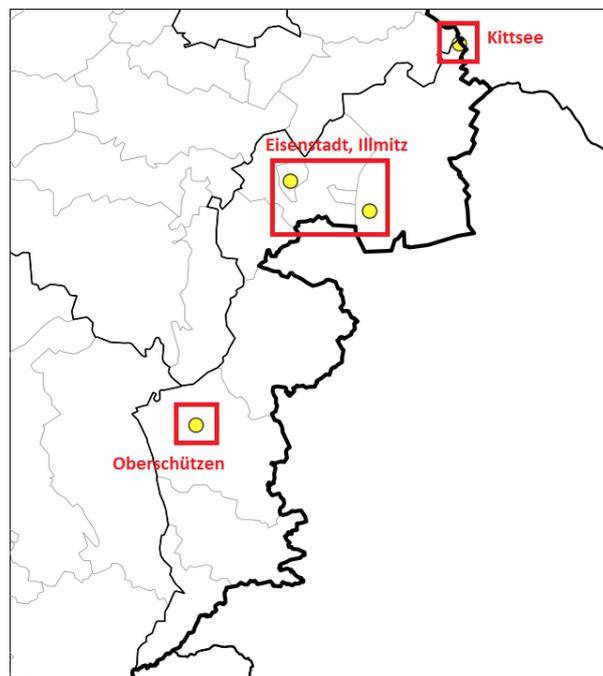


Abbildung 2-5: Zielgebiete für die FLEXPART Rückwärtsrechnung.

Im Zuge der Auswertungen hat sich gezeigt, dass die QRS-Felder für die beiden Zielgebiete im Nordburgenland sehr ähnlich sind. Grund dafür ist die räumliche Nähe und die ähnlichen Wetterbedingungen in den Gebieten. Aus diesem Grund werden in den Auswertungen (Kapitel 3) für das Nordburgenland nur die QRS-Felder vom Flächen-Zielgebiet Eisenstadt und Illmitz dargestellt.

3 Analyse der Feinstaubepisoden

In den folgenden Kapiteln werden fünf ausgewählte Feinstaubepisoden im Detail analysiert:

- Episode 1: August 2015
- Episode 2: November und Dezember 2016
- Episode 3: Jänner und Februar 2017
- Episode 4: Februar bis Mitte März 2018
- Episode 5: Mitte März bis Ende April 2019

Es wird auf die meteorologischen Gegebenheiten während der Episoden eingegangen und die Ausbreitungsbedingungen werden beschrieben. Zusätzlich wird anhand von Radiosonden-Messungen und den Rückstreudiagrammen der Ceilometer Wien Hohe Warte, Andau und Eisenstadt die vertikale Schichtung der Atmosphäre betrachtet. Für ausgewählte PM10-Spitzen innerhalb der Episoden wurden mit FLEXPART Rückwärtsrechnungen durchgeführt, um die Herkunftsregionen der Luft bestimmen zu können.

3.1 Episode 1: August 2015

3.1.1 Immissionssituation

Im Sommer sind die Feinstaubkonzentrationen typischerweise geringer als in den Wintermonaten. Für die sommerlichen konvektiven Wetterlagen ist ein guter vertikaler Luftmassenaustausch typisch, weshalb sich Aerosole in der Grenzschicht nicht ansammeln können. Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts sind deshalb relativ selten.

In der betrachteten Episode (Abbildung 3-1) zeigt sich ein langsamer Anstieg der PM10-Tagesmittelwerte über einige Tage bzw. Wochen. Die höchsten PM10-Konzentrationen wurden zwischen dem 13.8. und 15.8.2015 gemessen:

- 13.8.2015: Eisenstadt $39,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 14.8.2015: Kittsee ($43,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Illmitz ($38,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- 15.8.2015: Oberschützen ($39,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Die Messungen blieben knapp unter dem Grenzwert.

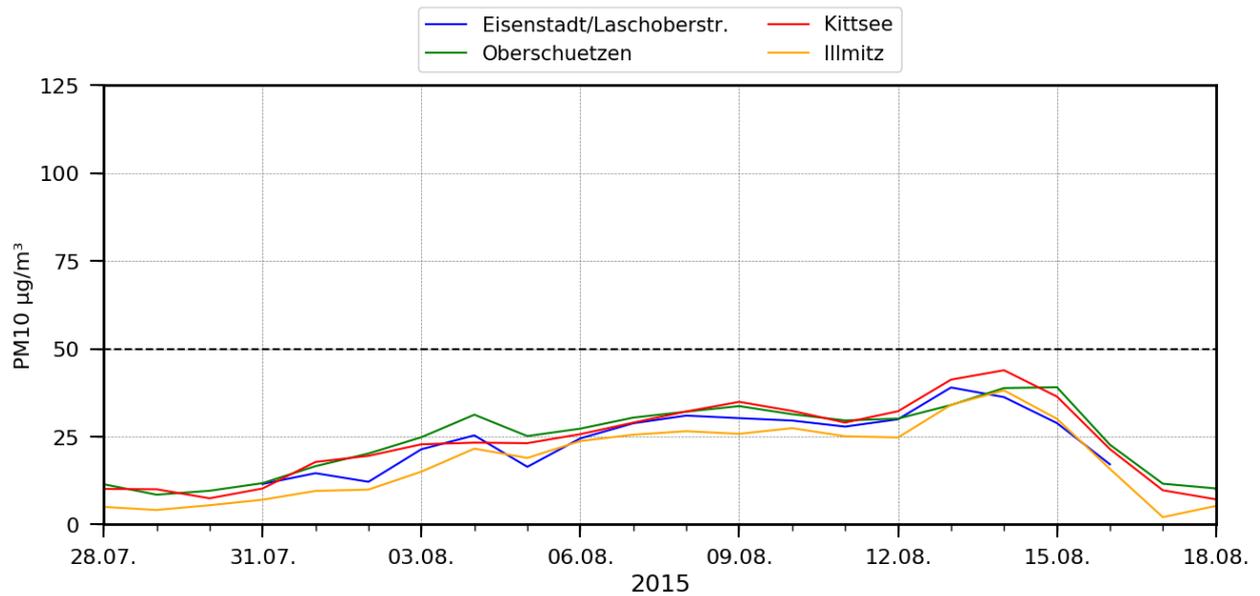


Abbildung 3-1: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 28.7. bis 18.8.2015.

3.1.2 Meteorologie

Nachfolgend sind für das Nordburgenland (Abbildung 3-2) die Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Messungen an den drei nördlichen Luftgütestationen (blauer Bereich) und für das Südburgenland (Abbildung 3-3) die PM10-Tagesmittelwerte der Station Oberschützen dargestellt. Die meteorologischen Messungen stammen von den für die jeweilige Region ausgewählten TAWES-Stationen (Kapitel 2.1). Dargestellt werden die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), die Halbstundenmittelwerte der Windrichtung (rote Punkte) und das 5-Stunden gleitende Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie).

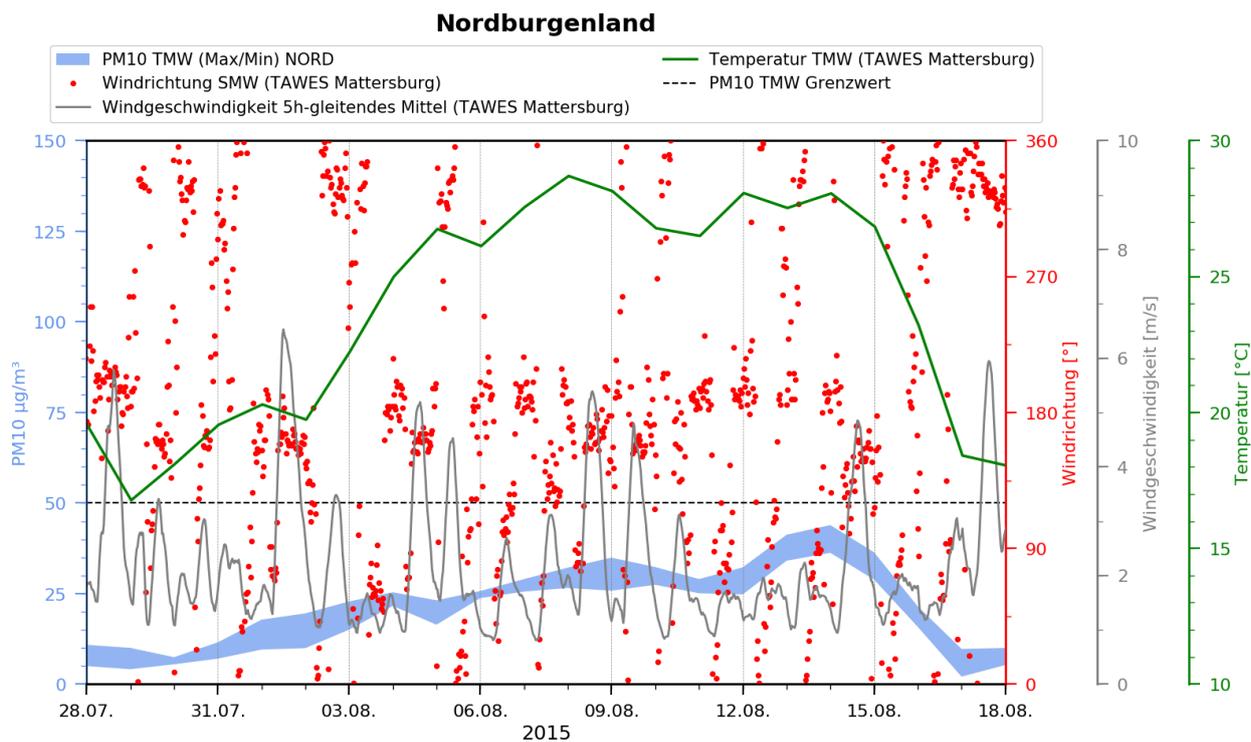


Abbildung 3-2: Spanne zwischen dem maximalen und minimalem Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestationen im Nordburgenland, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Mattersburg.

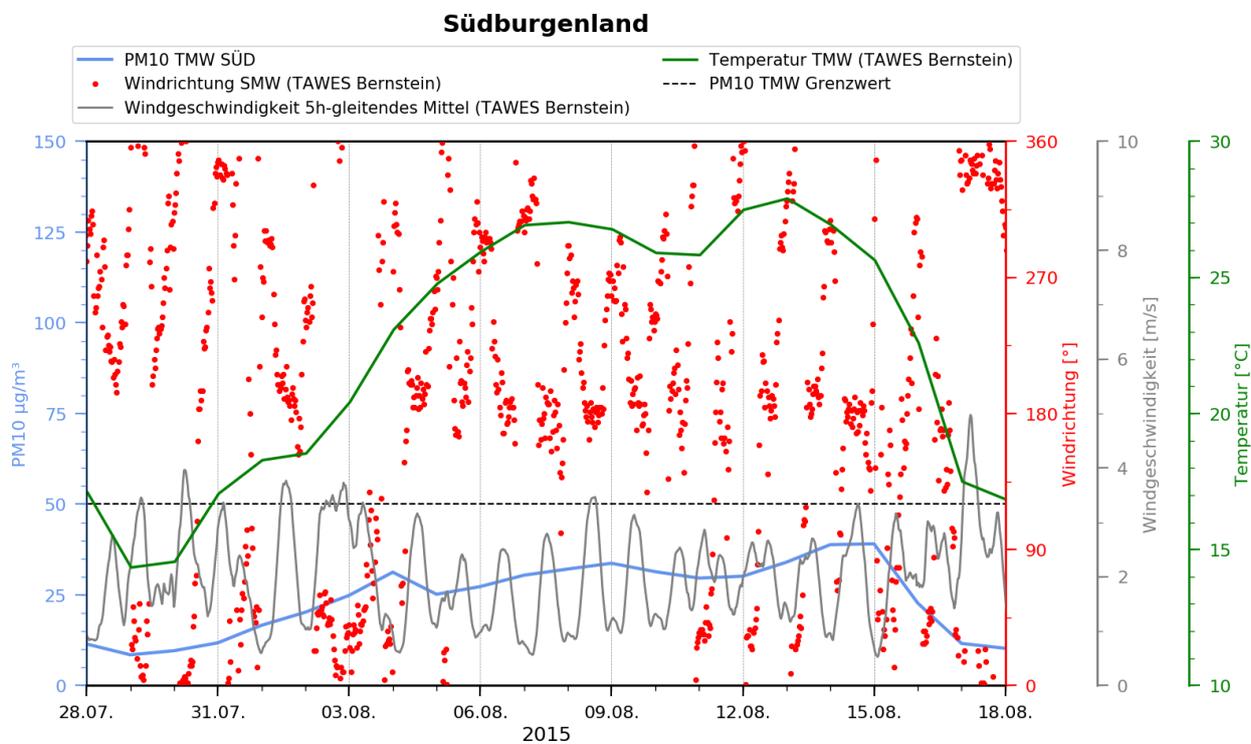


Abbildung 3-3: Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestation Oberschützen, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Bernstein.

Zu Beginn der betrachteten Episode waren die Feinstaubkonzentrationen im Nord- und Südburgenland relativ niedrig. In dieser Zeit wurde das Wettergeschehen von einem Tiefdrucksystem beherrscht, das für großflächige Niederschläge in Österreich sorgte. Anfang August gelangte Österreich in eine gradientschwache Lage zwischen einem Tiefdrucksystem mit Kern nordwestlich der Britischen Inseln und einem Hochdruckgebiet mit Kern über Osteuropa. Diese gradientschwache Lage mit niedrigen Windgeschwindigkeiten, sehr sonnigem Wetter und kaum Niederschlägen führte zu einer langanhaltenden Hitzewelle in Ostösterreich. Ungewöhnlich waren die vielen heißen Tage, so wurden z.B. in Wien und in St. Pölten neun Tage hintereinander mit mindestens 35 °C registriert. Anzumerken ist, dass die Rekordzahl an derart heißen Tagen bisher für einen gesamten Sommer in Wien bei fünf und in St. Pölten bei acht Tagen lag. Die höchste Temperatur in dieser Hitzeperiode wurde am 12. August mit 38,2 °C in Wolkersdorf gemessen. Im Burgenland wurde der Temperaturhöchstwert ebenfalls am 12. August mit 37, °C an der TAWES-Station Andau registriert. Neben den sehr hohen Temperaturen war der August 2015 auch sehr trocken, österreichweit lag die Niederschlagsdifferenz zum langjährigen Mittel (1981-2010) bei -35 %. Im Burgenland war die Abweichung mit -41 % etwas höher.

Die vertikalen Temperaturprofile der Radiosonde Wien Hohe Warte zeigen deutlich, dass sich während der Hitzeperiode in der Nacht Temperaturinversionen, am 11.8.2015 und am 12.8.2015 bis etwa 200 m über Grund, am 13.8.2015 und am 14.8.2015 bis etwa 500 m über Grund, ausbilden konnten, welche in den Morgenstunden aufgelöst wurden (Abbildung 3-4).

Im Nordburgenland schwankte die Windrichtung während der Hitzeperiode hauptsächlich zwischen südlichen und östlichen Richtungen. Im Südburgenland wurden Winde aus südlichen und westlichen Richtungen gemessen. Allgemein war die Windgeschwindigkeit in beiden Regionen relativ niedrig. Die Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte (Abbildung 3-5) zeigen ein ähnliches Bild: Am 11.8. wurden über alle Höhenschichten hinweg Winde aus östlichen Richtungen gemessen. Am 12.8. und 13.8. drehte der Wind von den bodennahen nordwestlichen Winden auf östliche Richtungen (ab ca. 1000 m ü. G.). Die Windgeschwindigkeit war an allen 3 Tagen bis in große Höhen sehr niedrig (Abbildung 3-6). Ab dem 14.8. wurden Winde aus südlichen Richtungen gemessen, wobei die Windgeschwindigkeit etwas höher war als an den Tagen zuvor, aber dennoch relativ niedrig.

Bei winterlichen Feinstaubepisoden bilden sich typischerweise bodennahe Temperaturinversionen aus, die einen vertikalen Austausch der Luftmassen verhindern und ein

Ansammeln der Aerosole in der Grenzschicht begünstigen. In der betrachteten Sommerperiode konnten sich Aerosole auch ohne eine ausgeprägte Temperaturinversion ansammeln. Dies wurde durch die niedrigen Windgeschwindigkeiten sowohl bodennah als auch in höheren Luftschichten und der damit verbundenen geringen mechanischen Durchmischung begünstigt. Zusätzlich förderten die trockenen Witterungsbedingungen den Anstieg der Feinstaubkonzentration an allen burgenländischen Luftgütestationen.

Die Zunahme der Aerosolkonzentration in Bodennähe ist auch in den Messungen des Ceilometers Wien Hohe Warte anhand der höheren Werte der Rückstreuintensitäten innerhalb der Mischungsschicht (grüne Flächen innerhalb der untersten Aerosolschicht) gut zu erkennen (Abbildung 3-7).

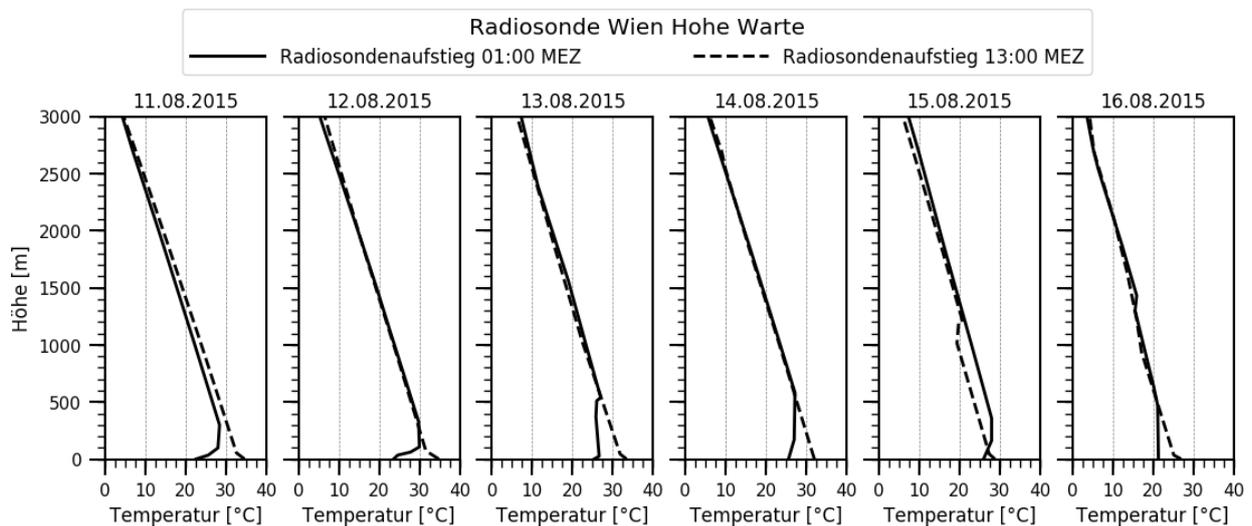


Abbildung 3-4: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 11.8. bis 16.8.2015.

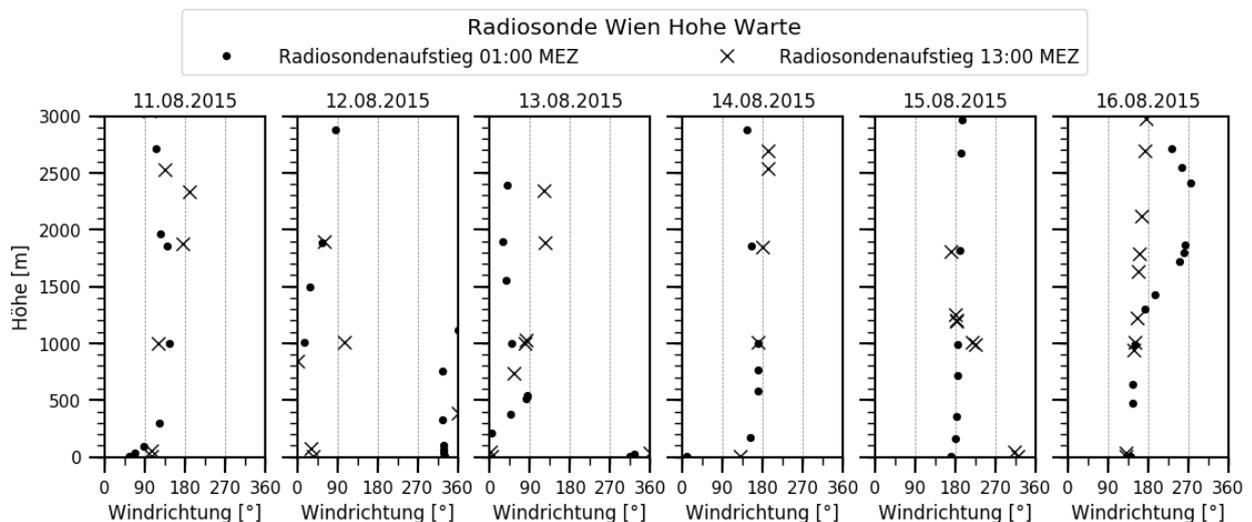


Abbildung 3-5: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 11.8. bis 16.8.2015.

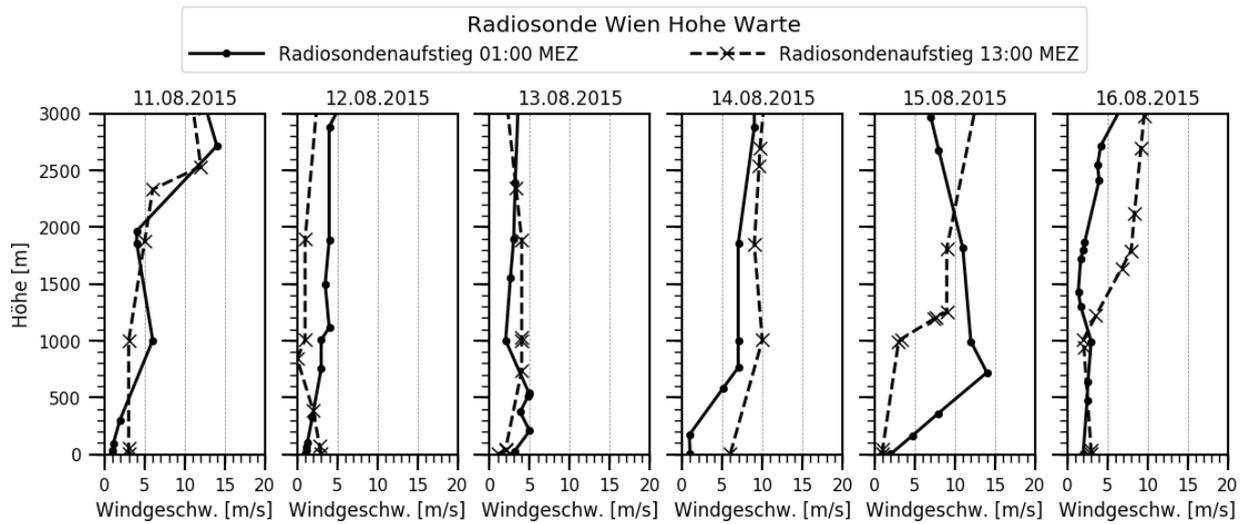


Abbildung 3-6: Windgeschwindigkeitsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 11.8. bis 16.8.2015.

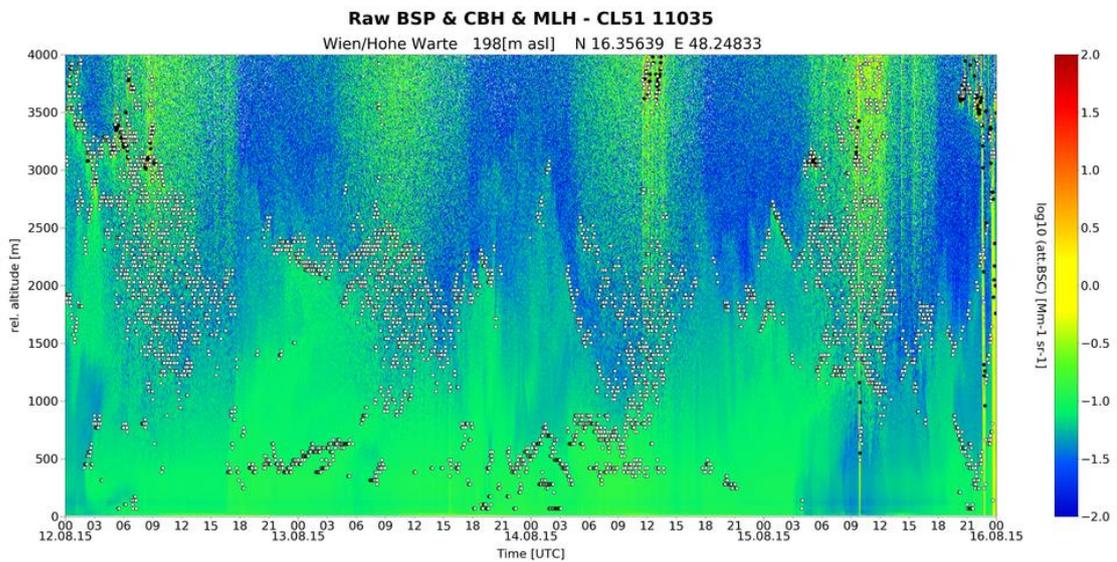


Abbildung 3-7: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 12.8. bis 15.8.2015.

3.1.3 Modellierung

Mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell FLEXPART (Kapitel 2.3) wurde eine Rückwärtsmodellierung durchgeführt, um das potentielle Herkunftsgebiet der erhöhten Feinstaubkonzentrationen eingrenzen zu können. Die Ergebnisse der Rückwärtsrechnung sind in Abbildung 3-8 für das Nordburgenland links und für das Südburgenland rechts dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Gebiete, in welchen sich die Luft in den bodennächsten 100 m befunden hat, bevor sie am 14.8.2015 von 9:00 bis 12:00 UTC im Nord- bzw. Südburgenland angekommen ist.

Die QRS-Felder für das Nord- und Südburgenland zeigen ähnliche Strukturen. Zwei Tage (12.8. 12:00 UTC) vor Ankunft im Nord- und Südburgenland erstreckte sich das Herkunftsgebiet vom nördlichen Kroatien über Ungarn bis ins südliche Polen. 12 Stunden später, am 13.8. 0 UTC, zeigt sich ein deutlich kleineres QRS-Feld, welches auf Herkunftsgebiete in Bosnien und Herzegowina, Slowenien, Kroatien, Ungarn, Slowakei und dem östlichen Österreich hinweist. Das QRS-Feld für das Nordburgenland ist etwas weiter nach Nordost ausgedehnt und schließt noch Gebiete im südlichen Polen und in der östlichen Ukraine ein.

Einen Tag vor Ankunft im Nordburgenland erstreckt sich das QRS-Feld von Kroatien bis in die östliche Ukraine. Die Luft, die im Südburgenland angekommen ist, lag zu dieser Zeit ebenfalls südöstlich von Österreich von Kroatien bis nach Ungarn.

Am 14.8. 0 UTC, 12 Stunden vor der Ankunft in den Zielgebieten, befand sich die Luft über Ungarn, Kroatien und Slowenien und erreichte schließlich mit der Süd- bis Ostströmung das südliche und nördliche Burgenland.

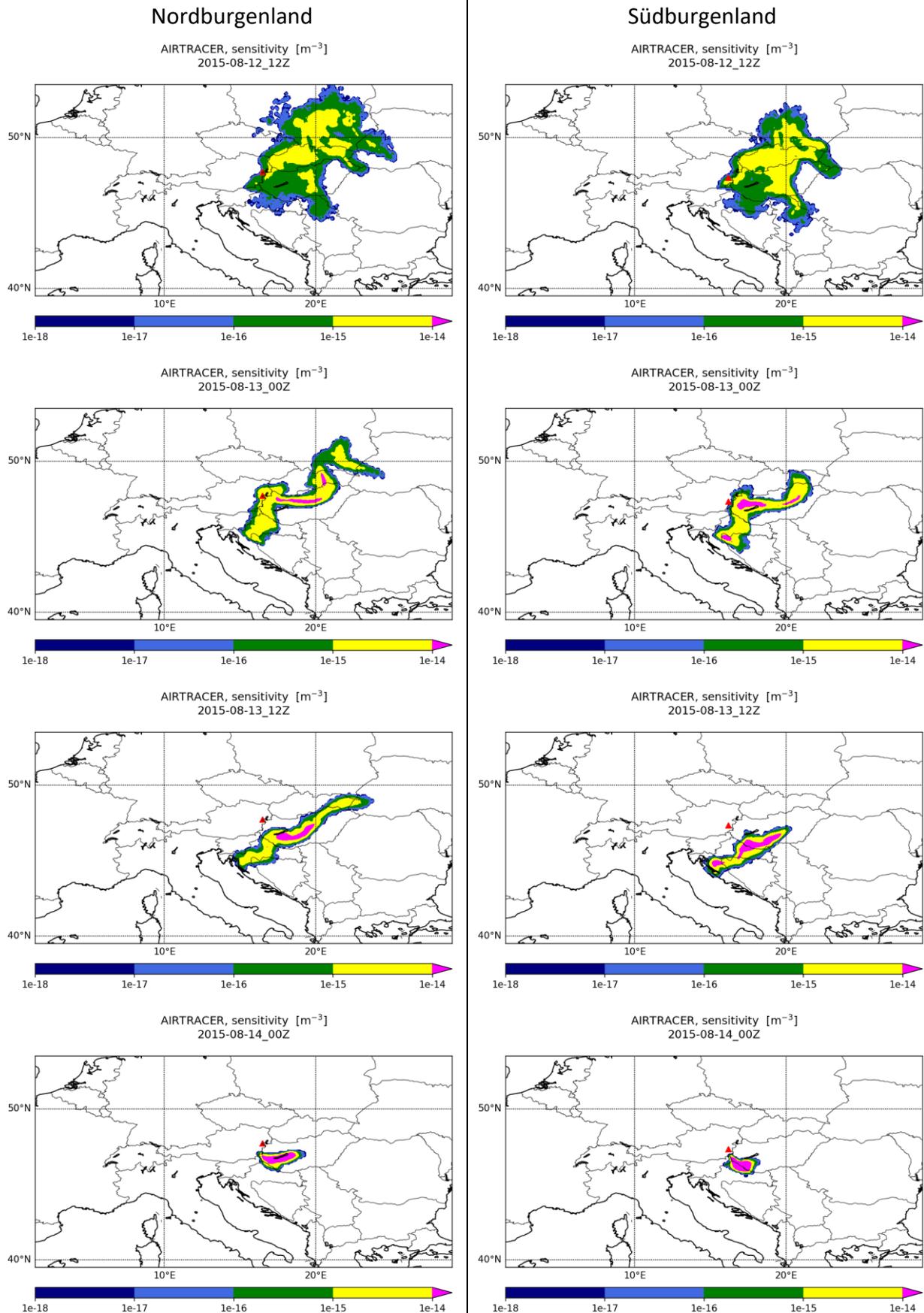


Abbildung 3-8: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 12.8. 12 UTC bis 14.8.2015 0 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 14.8.2015 9:00 bis 12:00 UTC.

3.2 Episode 2: November und Dezember 2016

3.2.1 Immissionssituation

In Abbildung 3-9 sind die PM₁₀-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 3.11. bis 26.12.2016 dargestellt.

Im betrachteten Zeitraum wurde der Tagesmittelgrenzwert an den Luftgütemessstellen im Burgenland mehrmals überschritten. Die ersten Überschreitungen wurden am 17.11. an den Stationen Eisenstadt (55,7 µg/m³) und Kittsee (54,3 µg/m³) gemessen. Die Stationen Illmitz und Oberschützen zeigten an diesem Tag ebenfalls eine Spitze in der Feinstaubkonzentration, die Werte blieb aber unterhalb des Grenzwerts. Nach dieser Spitze gingen die Konzentrationen an allen Stationen zurück.

Ab dem 20.11. stiegen die Feinstaubkonzentrationen an allen Stationen neuerlich an. Von 24.11. bis 26.11. wurden von den Stationen Eisenstadt und Kittsee Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts mit Werten bis zu 62,0 µg/m³ gemessen. Die Station Illmitz zeigte nur am 25.11. (53,3 µg/m³) und die Station Oberschützen nur am 26.11. (61,8 µg/m³) eine Überschreitung des Grenzwerts. Tags darauf verzeichneten die Stationen im Nordburgenland einen rapiden Rückgang der Konzentrationen. An der Station Oberschützen wurde dieser Rückgang einen Tag später gemessen.

Bis zum 2.12. blieb die Feinstaubkonzentration relativ niedrig. Danach wurde erneut ein Anstieg der Konzentrationen von allen Stationen gemessen. Am 5.12. wurde von der Station Eisenstadt (54,9 µg/m³) und Kittsee (59,7 µg/m³) eine Überschreitung des Grenzwerts gemessen. In Oberschützen blieb der Tagesmittelwert noch unterhalb des Grenzwerts. Erst tags darauf wurde von der Station Oberschützen mit 50,8 µg/m³ eine Überschreitung des Grenzwerts gemessen. An den nördlichen Stationen zeigte sich zwischenzeitlich ein Rückgang der Konzentration. Am 7.12. zeigte dann auch die Station Oberschützen einen Rückgang der Konzentration. An der Station Illmitz wurde während dieser Episode keine Überschreitung des PM₁₀-Tagesmittelgrenzwerts gemessen. Einen Tag später stieg die Konzentration im Nordburgenland wieder an und es wurden in Eisenstadt 51,1 µg/m³ und in Kittsee 56,7 µg/m³ gemessen. Nach dieser Spitze ging die Feinstaubkonzentration an allen Stationen deutlich zurück.

Ab 12.12. begannen die Konzentrationen wieder zu steigen. Von 14.12. bis 20.12. wurden an allen Stationen erhöhte Feinstaubkonzentrationen gemessen, welche jedoch meist unterhalb

des Grenzwerts blieben. Einzig an der Station Kittsee wurden an drei Tagen Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert.

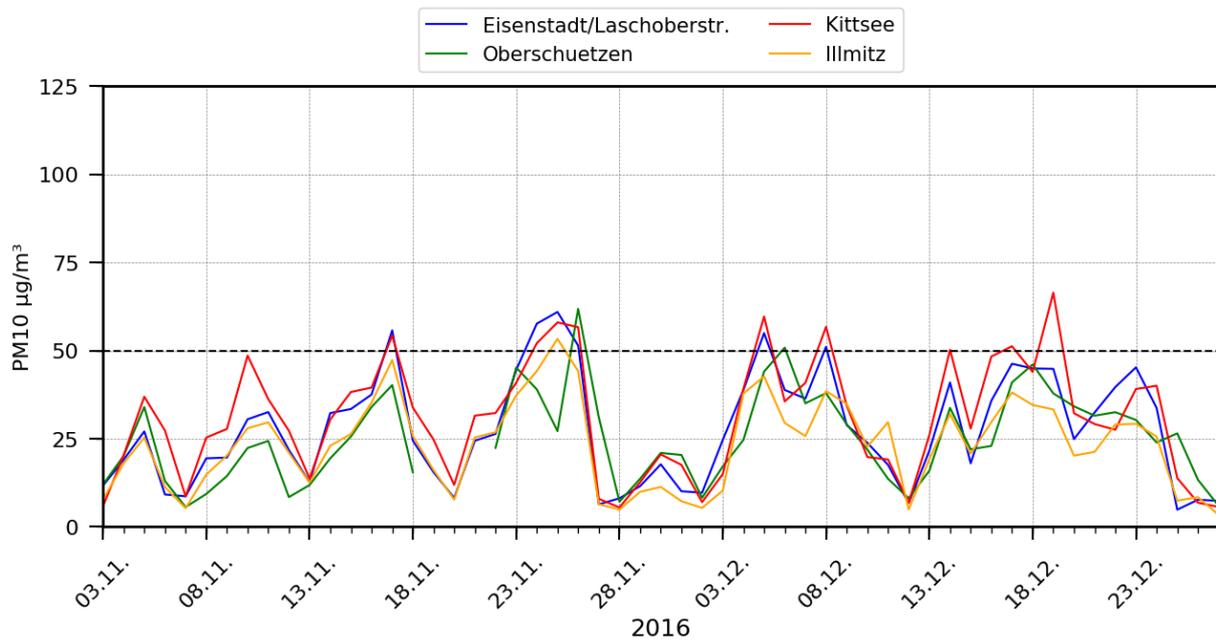


Abbildung 3-9: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 3.11. bis 26.11.2016.

3.2.2 Meteorologie

Nachfolgend sind für das Nordburgenland (Abbildung 3-10) die Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Messungen an den drei nördlichen Luftgütestationen (blauer Bereich) und für das Südburgenland (Abbildung 3-11) die PM10-Tagesmittelwerte der Station Oberschützen dargestellt. Die meteorologischen Messungen stammen von den für die jeweilige Region ausgewählten TAWES-Stationen (Kapitel 2.1). Dargestellt werden die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), die Halbstundenmittelwerte der Windrichtung (rote Punkte) und das 5-Stunden gleitende Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie).

Der betrachtete Zeitraum ist auf zwei Abbildungen aufgeteilt, damit die Darstellung übersichtlicher ist.

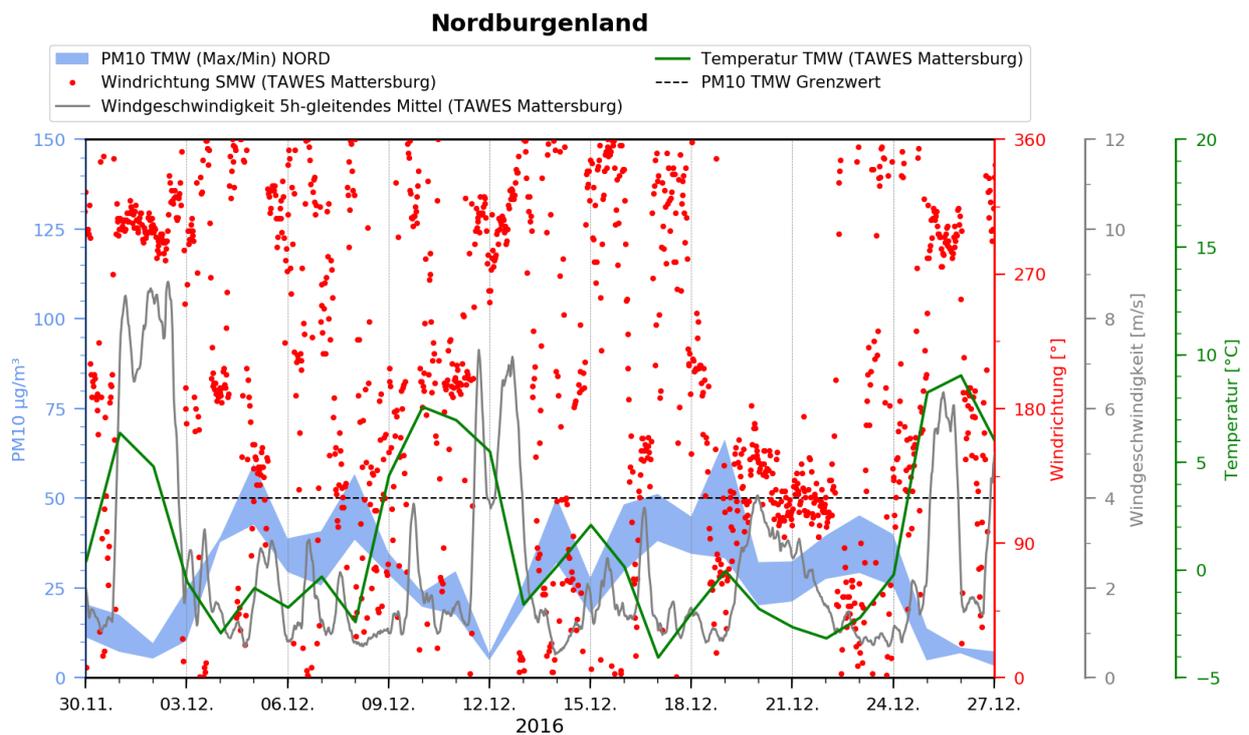
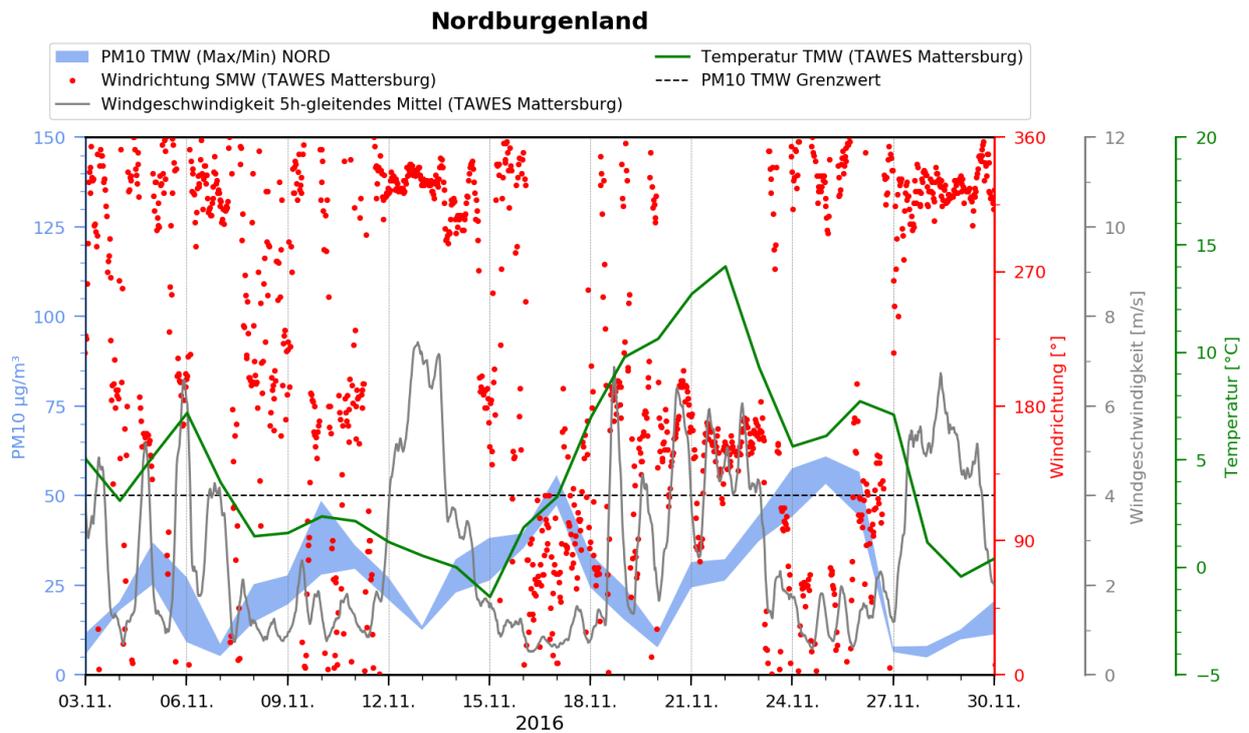


Abbildung 3-10: Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestationen im Nordburgenland, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Line) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Mattersburg.

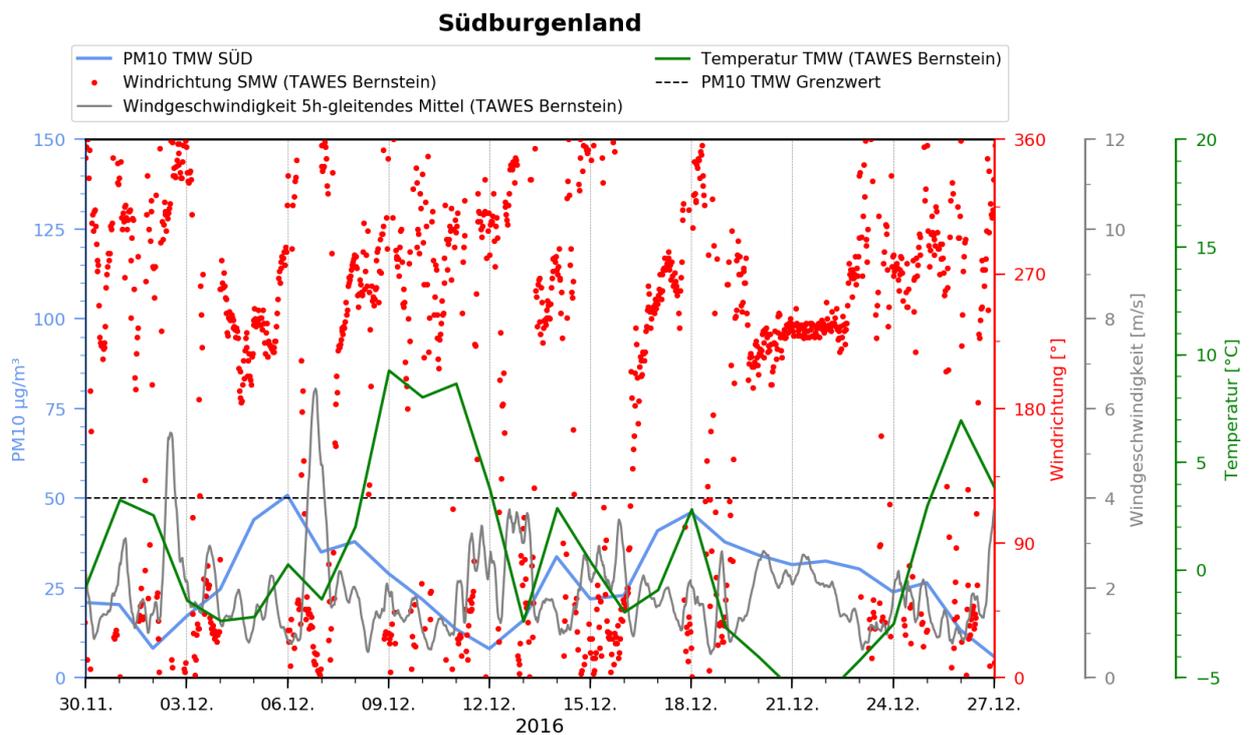
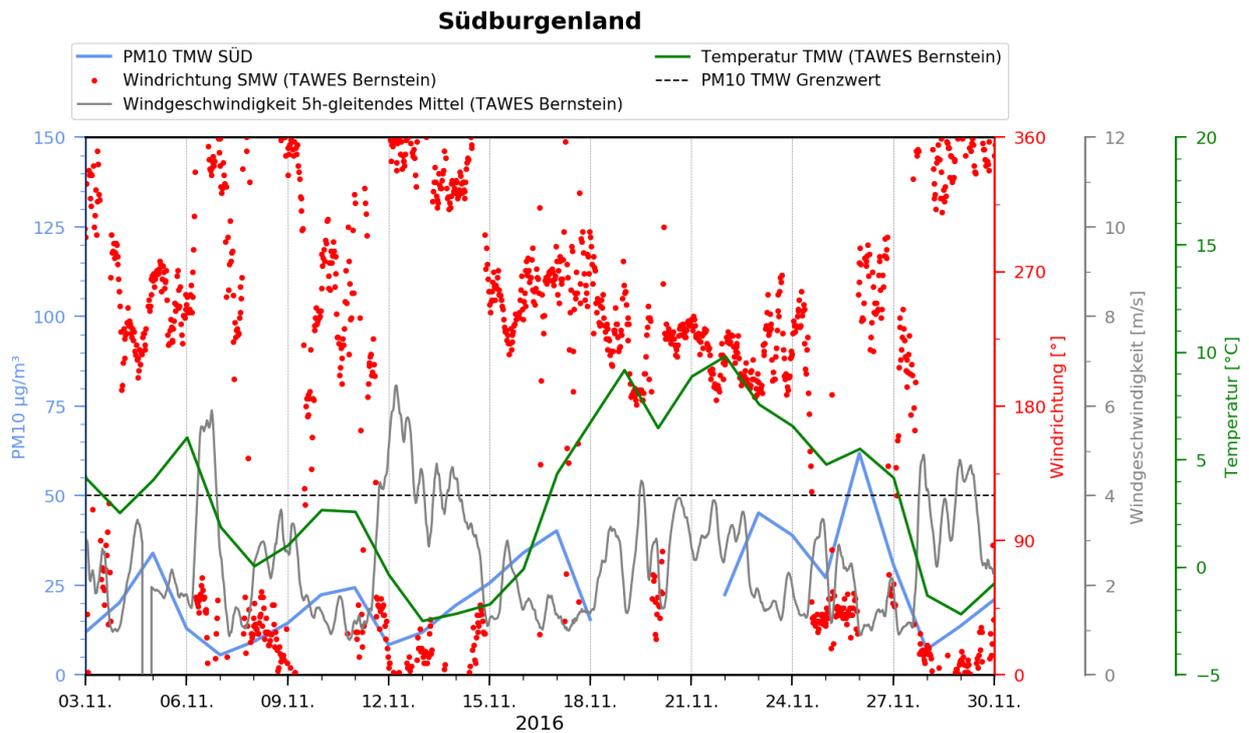


Abbildung 3-11 Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestation Oberschützen, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Bernstein.

Zu Beginn des betrachteten Zeitraums lag ein ausgedehntes Hochdruckgebiet über Mitteleuropa, welches in den folgenden Tagen von einem Tiefdruckgebiet verdrängt wurde. Am 6.11. und 7.11. brachte das Tiefdruckgebiet teils ergiebige Niederschläge mit sich. Durch den Abzug des Tiefs in Richtung Nordost gelangte der Osten Österreichs in den Einflussbereich eines Zwischenhochs, während sich im Westen des Landes bereits Wolken eines Tiefs mit Kern über Südburgenland bemerkbar machten. Im Burgenland wurden zu dieser Zeit schwache Winde aus unterschiedlichen Richtungen gemessen. Durch die schwachen Winde wurde der Luftmassenaustausch vermindert, weshalb die Feinstaubkonzentrationen anstiegen.

Ein Tiefdruckgebiet südlich der Alpen näherte sich in der Folge langsam Österreich, während sich über Skandinavien Hochdruckeinfluss breit machte. Österreich gelangte dadurch in eine straffe Nordströmung, welche die Luftmassen durchmischte und für einen Rückgang der Feinstaubkonzentrationen sorgte. Das Hochdruckgebiet verlagerte sich langsam Richtung Süden, weshalb Österreich am 15.11. in eine gradientschwache Lage mit niedrigen Windgeschwindigkeiten kam. Der Wind drehte im Nordburgenland auf östliche Richtungen und im Südburgenland auf westliche Richtungen. Durch die austauscharmen Bedingungen konnte sich eine Temperaturinversion ausbilden (Abbildung 3-12), unter der sich die Aerosole ansammelten (Abbildung 3-14) und zu der gemessenen Überschreitung im Nordburgenland führten.

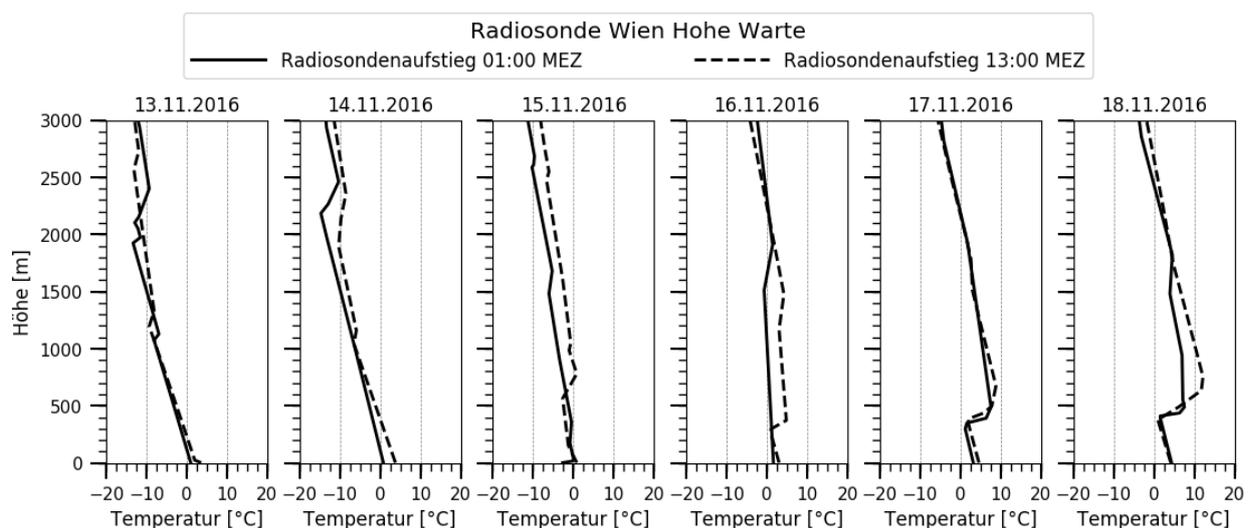


Abbildung 3-12: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 13.11. bis 18.11.2016.

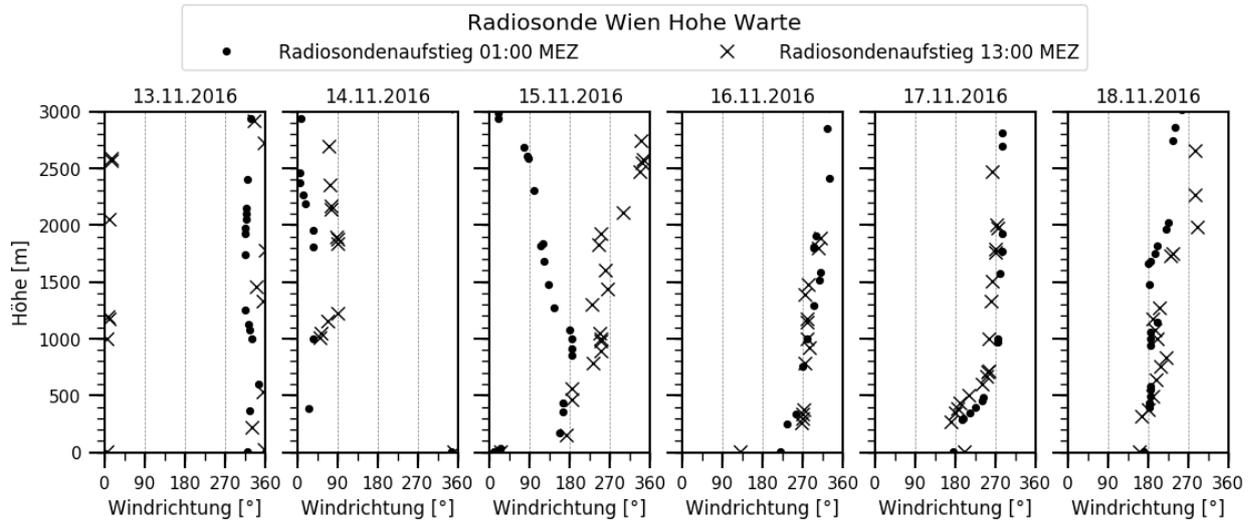


Abbildung 3-13: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 13.11. bis 18.11.2016.

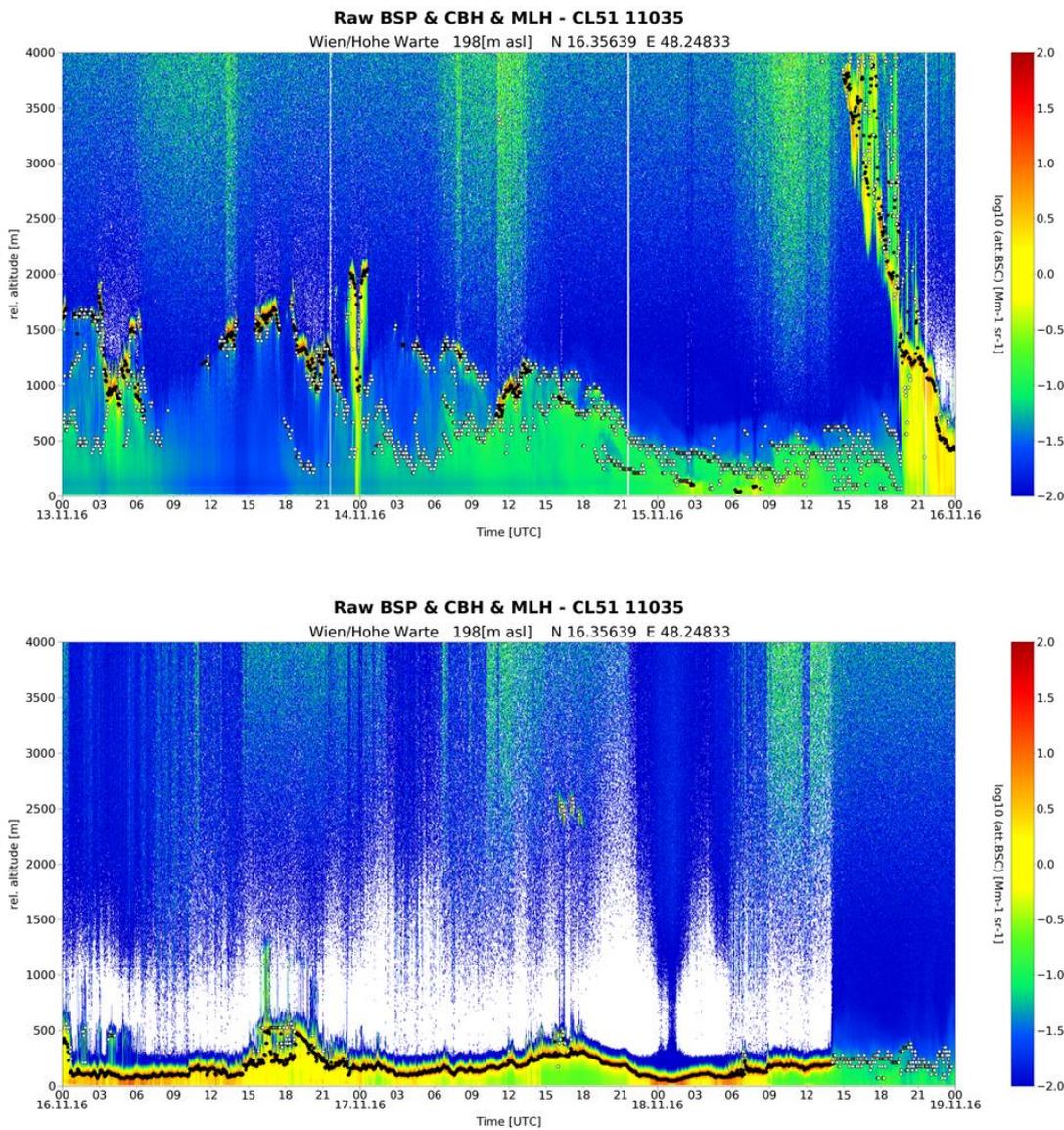


Abbildung 3-14: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 13.11. bis 18.11.2016.

Während unterhalb der Temperaturinversion am 18.11. (Abbildung 3-12) noch Winde aus südöstlichen Richtungen gemessen wurden, wurden darüber schon Winde aus südwestlichen Richtungen gemessen (Abbildung 3-13). Am Nachmittag des 18.11. wurde die Temperaturinversion schlussendlich ausgeräumt. Die nächsten Tage blieb Österreich in einer Südwest-Strömung. Durch den Südföhn stiegen die Temperaturen deutlich an. Österreichweit wurde die höchste Temperatur während dieser Wetterlage am 21.11. mit 22,0 °C in Salzburg gemessen. Im Burgenland wurden der höchste Temperaturwert am 22.11. in Güssing (18,0 °C) gemessen.

Ab dem 23.11. machte sich der Einfluss eines Tiefdruckgebiets im Südwesten Europas breit. Die Windgeschwindigkeit ging vor allem im Nordburgenland deutlich zurück und drehte auf nördliche Richtungen. Im Südburgenland wurden Winde aus nordöstlichen Richtungen registriert. Zusätzlich war in beiden Gebieten ein Rückgang der Temperatur zu beobachten. Von 24.11. bis 26.11. wurden mehrere Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts gemessen. In den Temperaturprofilen der Radiosonde Wien Hohe Warte ist eine abgehobene Inversion in einer Höhe von etwa 1000 m erkennbar (Abbildung 3-15). Unterhalb der Inversion wurden Winde aus nordöstlichen Richtungen, darüber Winde aus südwestlichen Richtungen gemessen (Abbildung 3-16). Auch in den Rückstreuprofilen des Ceilometers (Abbildung 3-17) ist die Zunahme der Aerosolkonzentrationen unterhalb der Inversion erkennbar. Die orangen und roten Streifen unterhalb der durch die schwarzen Punkte gekennzeichneten Bewölkung zeigen, dass es immer wieder leichten Nieselregen gegeben hat.

An den Tagen nach der Grenzwertüberschreitung gelangte Österreich durch das Vorrücken eines Hochdruckgebiets mit Kern nördlich von Großbritannien in eine Nordströmung. Die Windgeschwindigkeit nahm zu und die Inversion wurde ausgeräumt, wodurch die Feinstaubkonzentration zurückging.

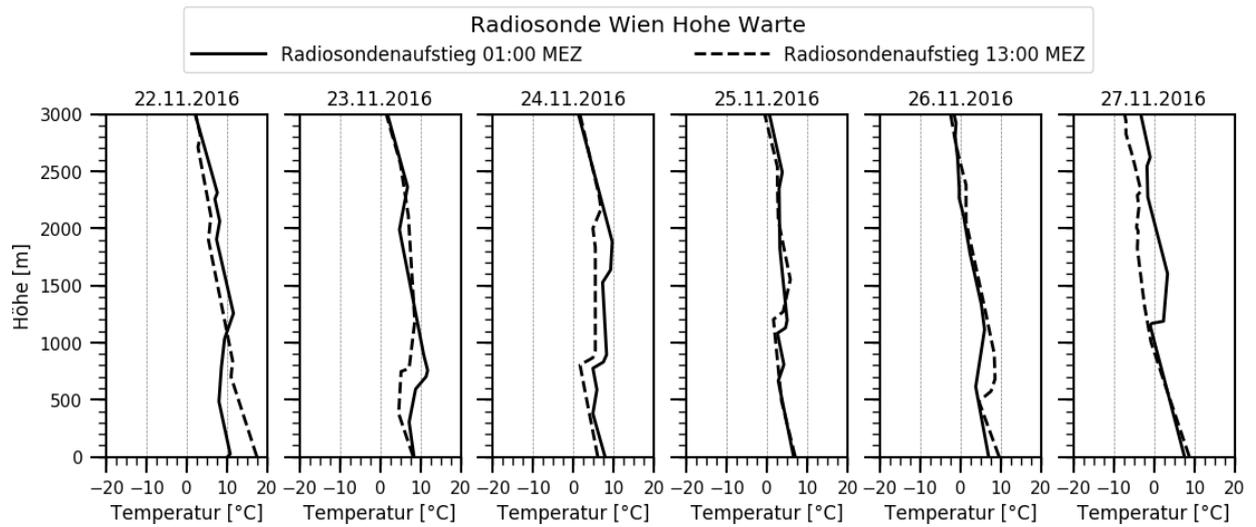


Abbildung 3-15: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 22.11. bis 27.11.2016.

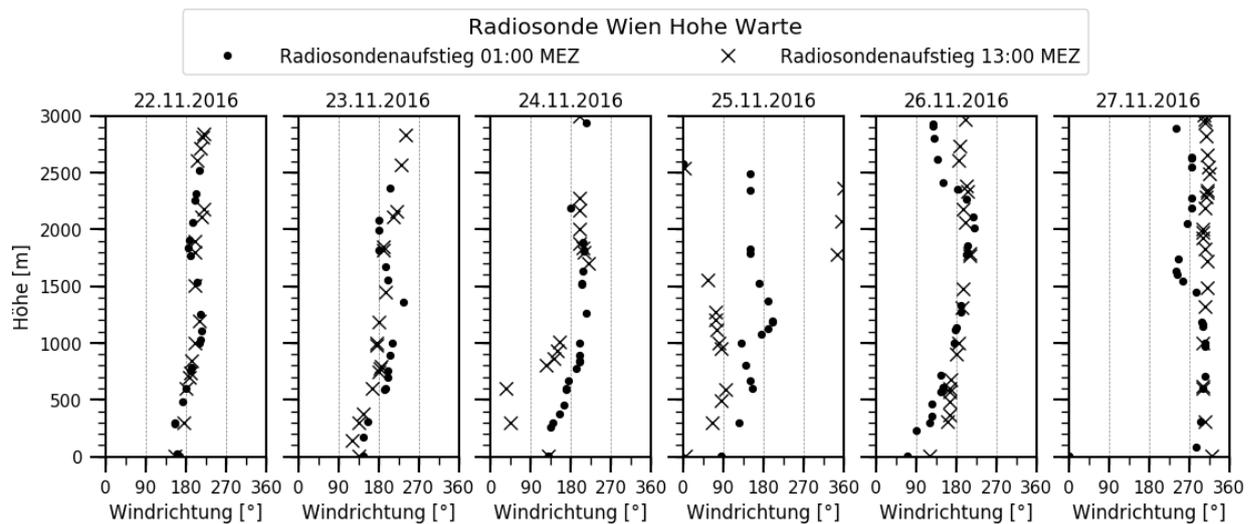


Abbildung 3-16: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 22.11. bis 27.11.2016.

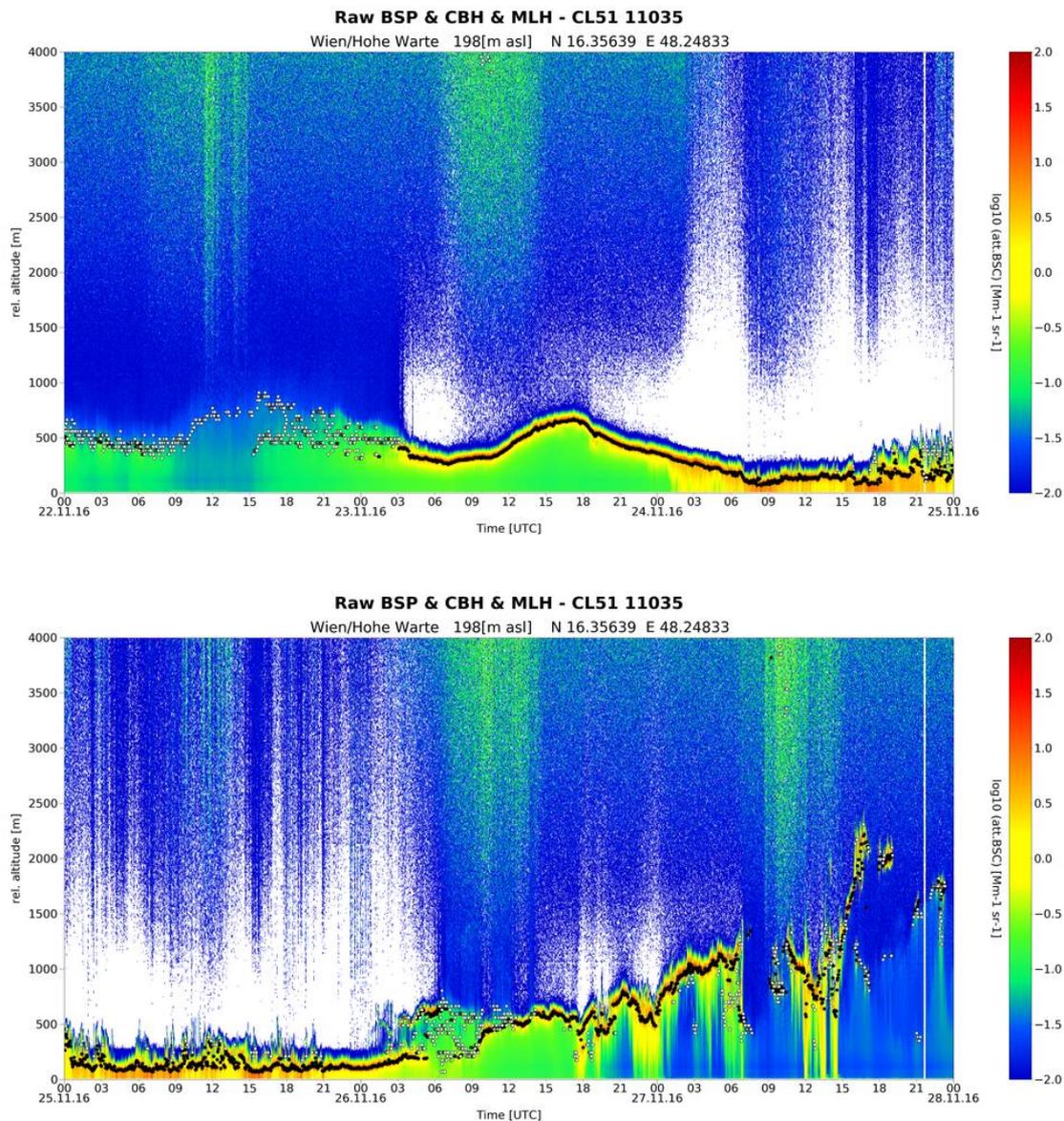


Abbildung 3-17: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 22.11. bis 27.11.2016.

Bis zum 3.12. waren starken Nord- bis Nordwestwinde vorherrschend und die Feinstaubkonzentration blieb relativ niedrig. Durch das sich langsam breitmachende Hochdruckgebiet über Mittel- und Westeuropa gelangte Österreich in eine gradientschwache Lage, was einen Rückgang der Windgeschwindigkeiten bedingte. Der Wind drehte auf eher südliche Richtungen (Nordburgenland) bzw. westliche Richtungen (Südburgenland). In dieser stabilen Schichtung bildete sich eine Temperaturinversion aus (Abbildung 3-18), unter der sich Aerosole ansammelten (Abbildung 3-20). Von 5.12. bis 8.12. wurden im Nord- und Südburgenland Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts gemessen. Anschließend gelangte Österreich in eine westliche Höhenströmung (Windrichtungsprofile der Radiosonde Wien Hohe Warte am 8.12., Abbildung 3-19). Am Boden wurden südwestliche bis nordwestliche Winde

gemessen. Tags darauf nahm die Windgeschwindigkeit am Boden und in der Höhe deutlich zu, was die Grenzschicht durchmischte und durch Abtransport und Verdünnung zu einem Rückgang der Feinstaubkonzentrationen führte. Die Temperaturen im Nord- und Südburgenland stiegen ebenfalls aufgrund der besseren Durchmischung wieder an.

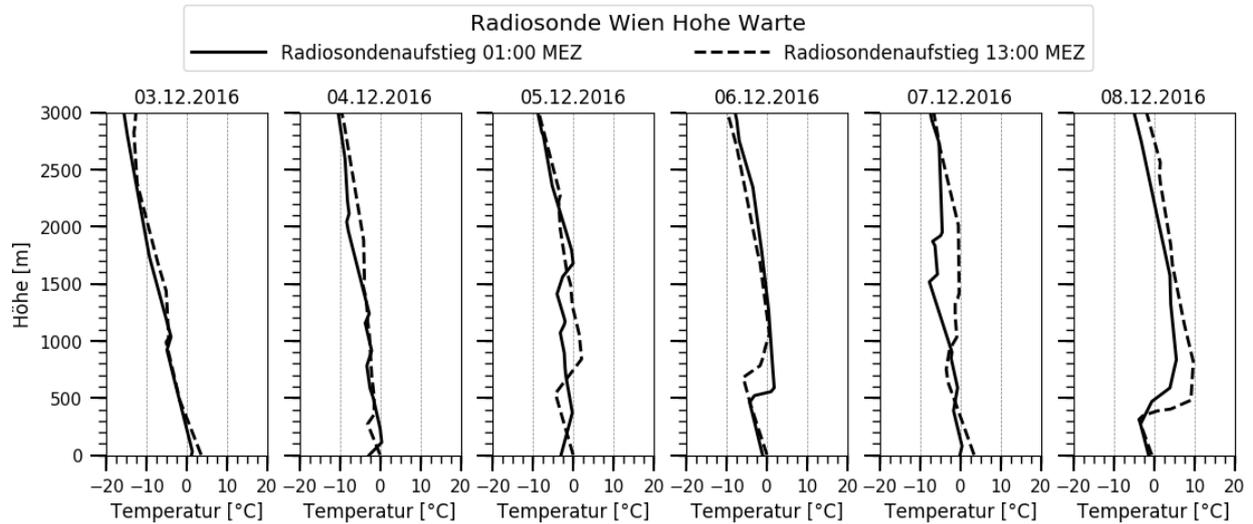


Abbildung 3-18: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 3.12. bis 8.12.2016.

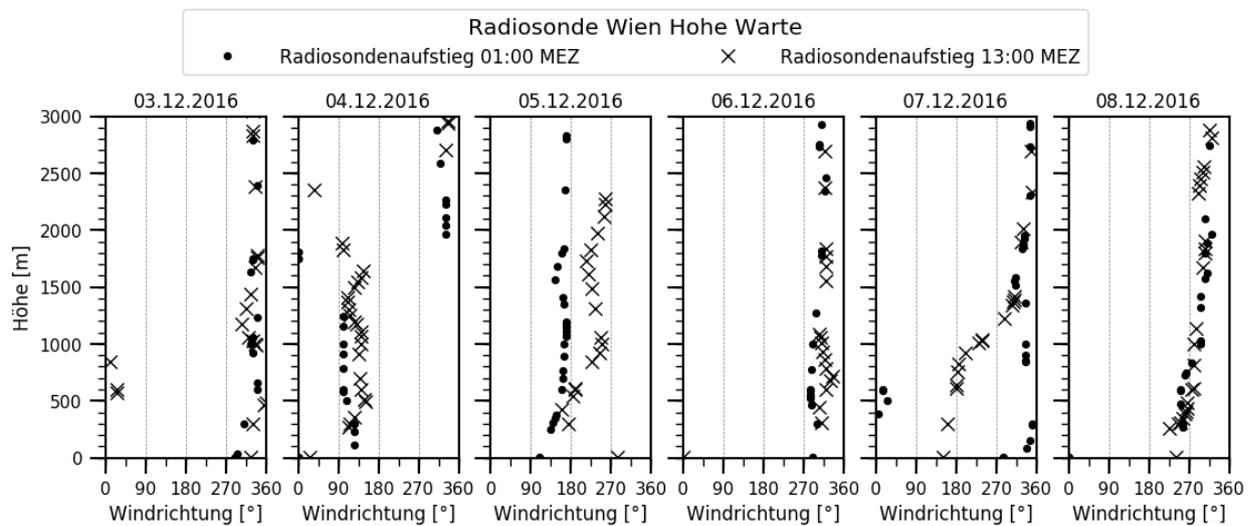


Abbildung 3-19: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 3.12. bis 8.12.2016.

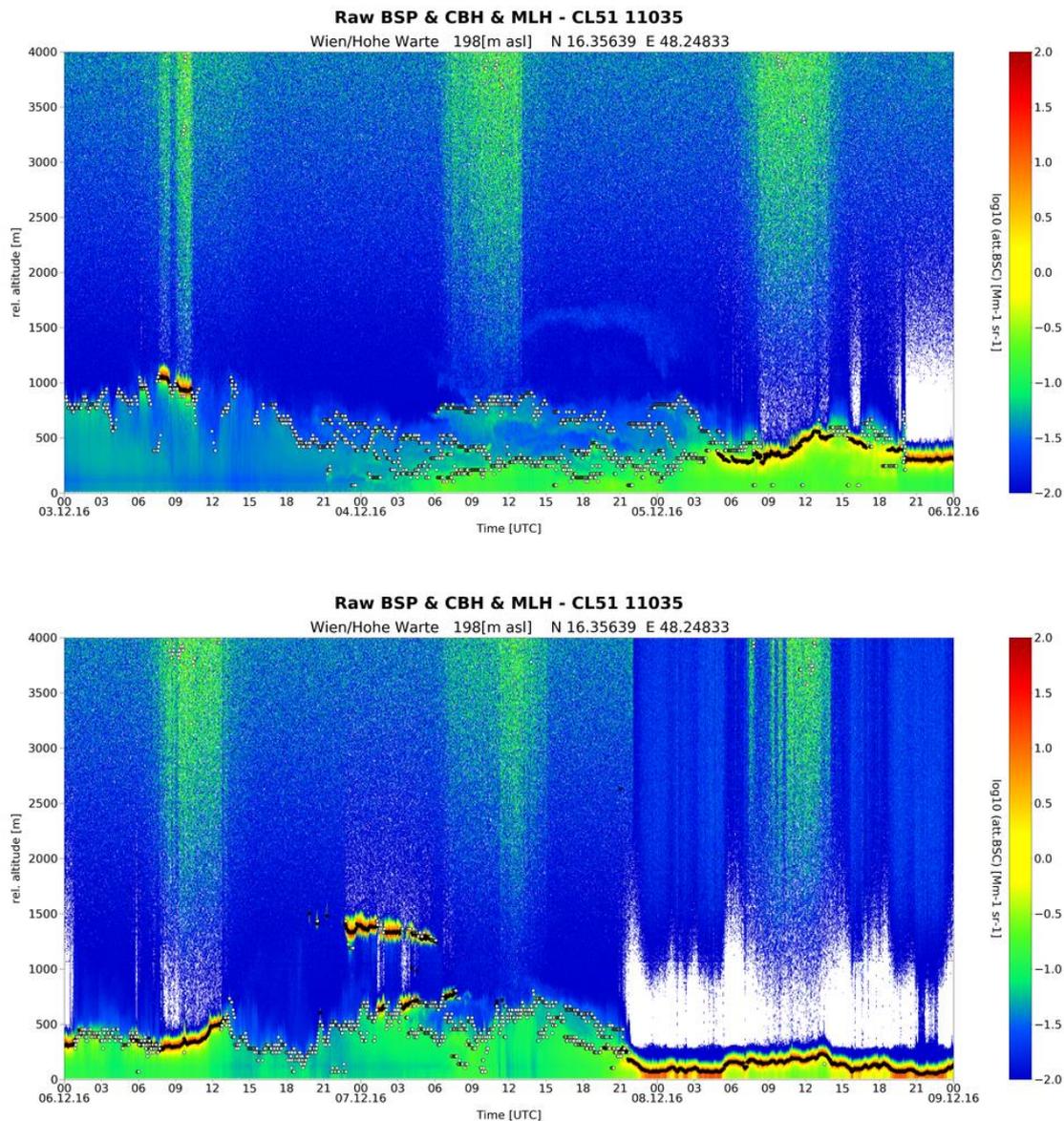


Abbildung 3-20: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 3.12. bis 8.12.2016.

Der Hochdruckeinfluss in Österreich blieb weiterhin bestehen. Je nach Lage des Hochdruckgebiets kam die Höhenströmung entweder aus nördlichen bis nordwestlichen bzw. südöstlichen bis südlichen Richtungen (Abbildung 3-22).

Ab dem 11.12. wurden durch eine Nordströmung kalte Luftmassen nach Österreich transportiert, was einen Rückgang der Temperatur zu Folge hatte. Die Tagesmitteltemperaturen der betrachteten TAWES-Stationen blieben bis zum 24.12. meist unterhalb des Gefrierpunkts.

Durch die Verlagerungen des Hochdruckgebiets wurden ab dem 13.12. eher nordwestliche Richtungen gemessen (14.12. in Abbildung 3-22). Anschließend drehte die Höhenströmung über nördliche (15.12.) auf östliche Richtungen (16.12.) und danach wieder zurück auf eher

westliche Richtungen. Im Nordburgenland wurden am Boden relativ schwache Winde aus variablen Richtungen gemessen. Im Südburgenland schwankte die Windrichtung zwischen nördlichen und westlichen Richtungen. Während dieser Zeit registrierten die Luftgütestationen erhöhte Feinstaubkonzentrationen. Im Nordburgenland wurde während dieser Zeit der Grenzwert drei Mal überschritten. In den Temperaturprofilen der Radiosonde ist durchgehend eine Temperaturinversion zu erkennen, deren Höhe leicht schwankt (Abbildung 3-21). Niedrige Inversionshöhen sind vor allem am 14.12. und von 17.12. bis 18.12. vorherrschend. Während dieser Zeit zeigt auch das Ceilometer erhöhte Rückstreuintensitäten unterhalb der Inversion (Abbildung 3-23). In der stabil geschichteten Grenzschicht sammelten sich größere Mengen an Aerosolen an.

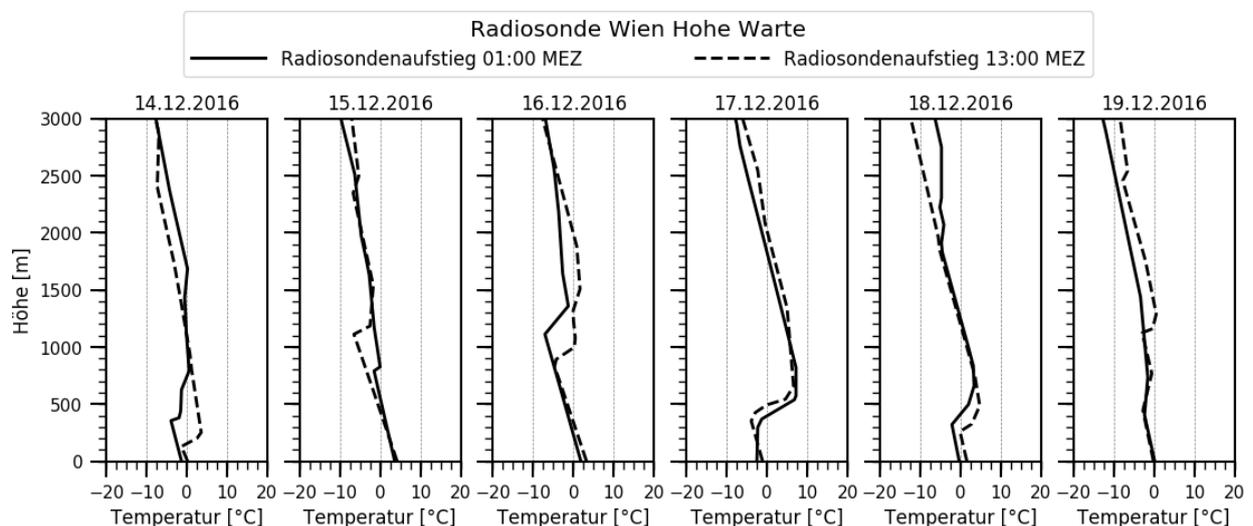


Abbildung 3-21: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 14.12. bis 19.12.2016.

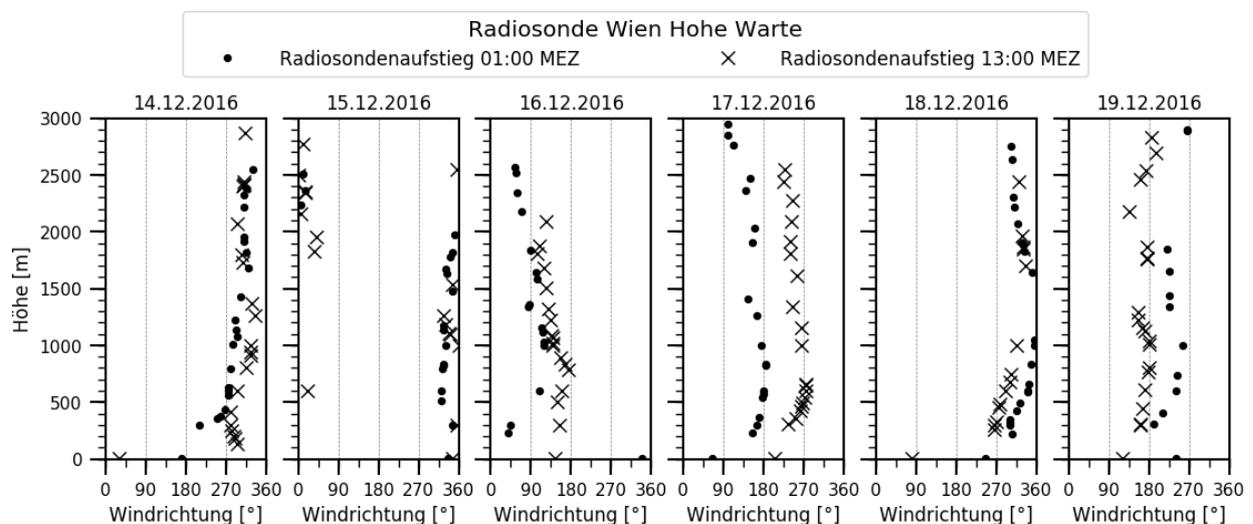


Abbildung 3-22: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 14.12. bis 19.12.2016.

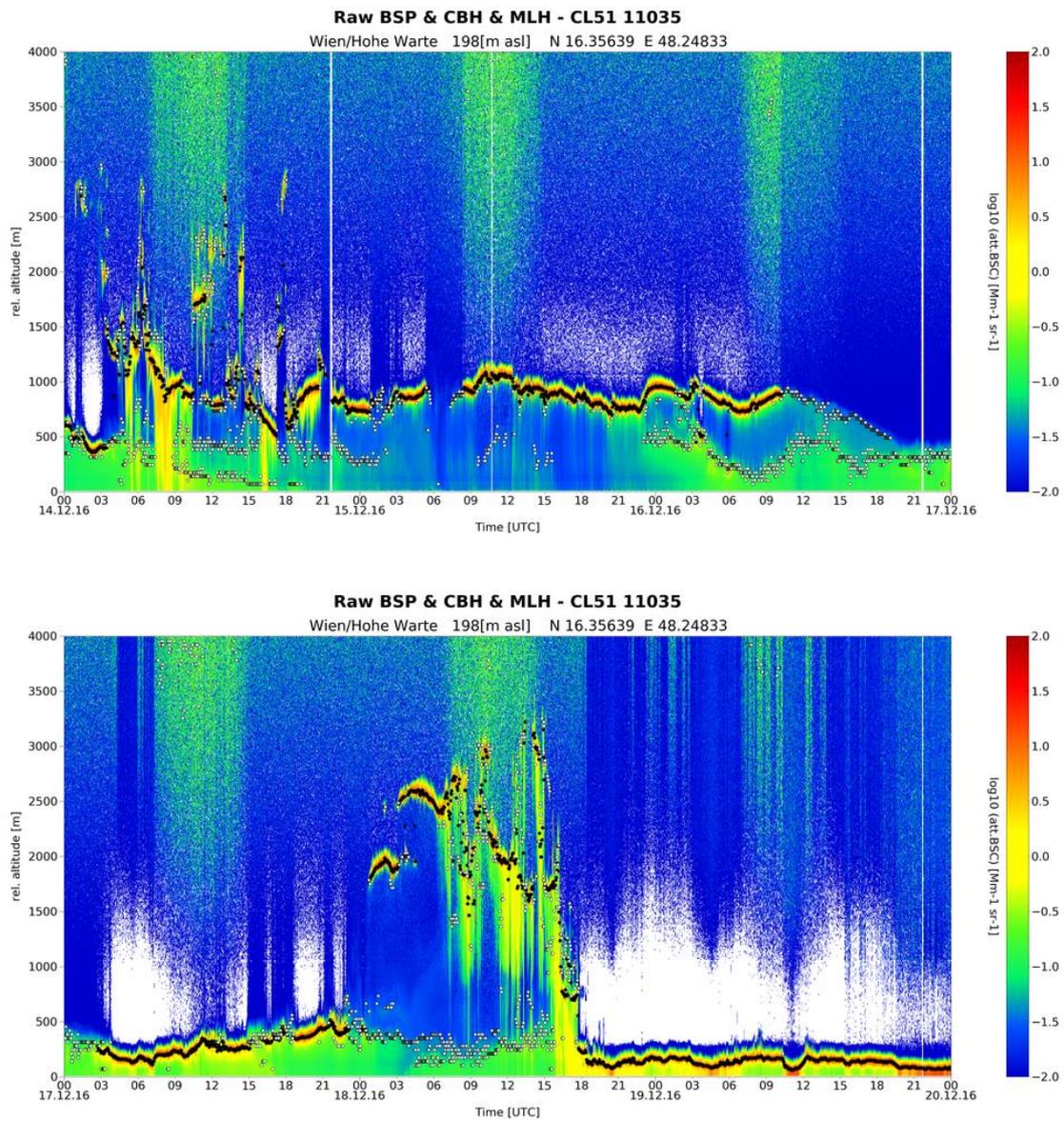


Abbildung 3-23: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 14.12. bis 19.12.2016.

3.2.3 Modellierung

Mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell FLEXPART (Kapitel 2.3) wurde eine Rückwärtsmodellierung durchgeführt, um das potentielle Herkunftsgebiet der erhöhten Feinstaubkonzentrationen eingrenzen zu können. Die Ergebnisse der Rückwärtsrechnung sind in Abbildung 3-24 für das Nordburgenland links und für das Südburgenland rechts dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Gebiete, in welchen sich die Luft in den bodennächsten 100 m befunden hat, bevor sie am 26.11.2016 von 3:00 bis 6:00 UTC im Nord- bzw. Südburgenland angekommen ist.

Die QRS-Felder für das Nord- und Südburgenland zeigen ähnliche Strukturen. Zwei Tage (24.11. 12:00 UTC) vor Ankunft im Nord- und Südburgenland befanden sich die Herkunftsgebiete mit der höchsten QRS (rosa Bereiche) größtenteils über Ungarn. 12 Stunden später, am 25.11. 0 UTC, zeigt sich ein deutlich kleineres QRS-Feld, welches auf ein Herkunftsgebiet aus Ungarn und der südlichen Slowakei hinweist. Mit der östlichen Strömung (Abbildung 3-16) wurden die Luftmassen schließlich zu den Ankunftsgebieten im Nord- und Südburgenland transportiert.

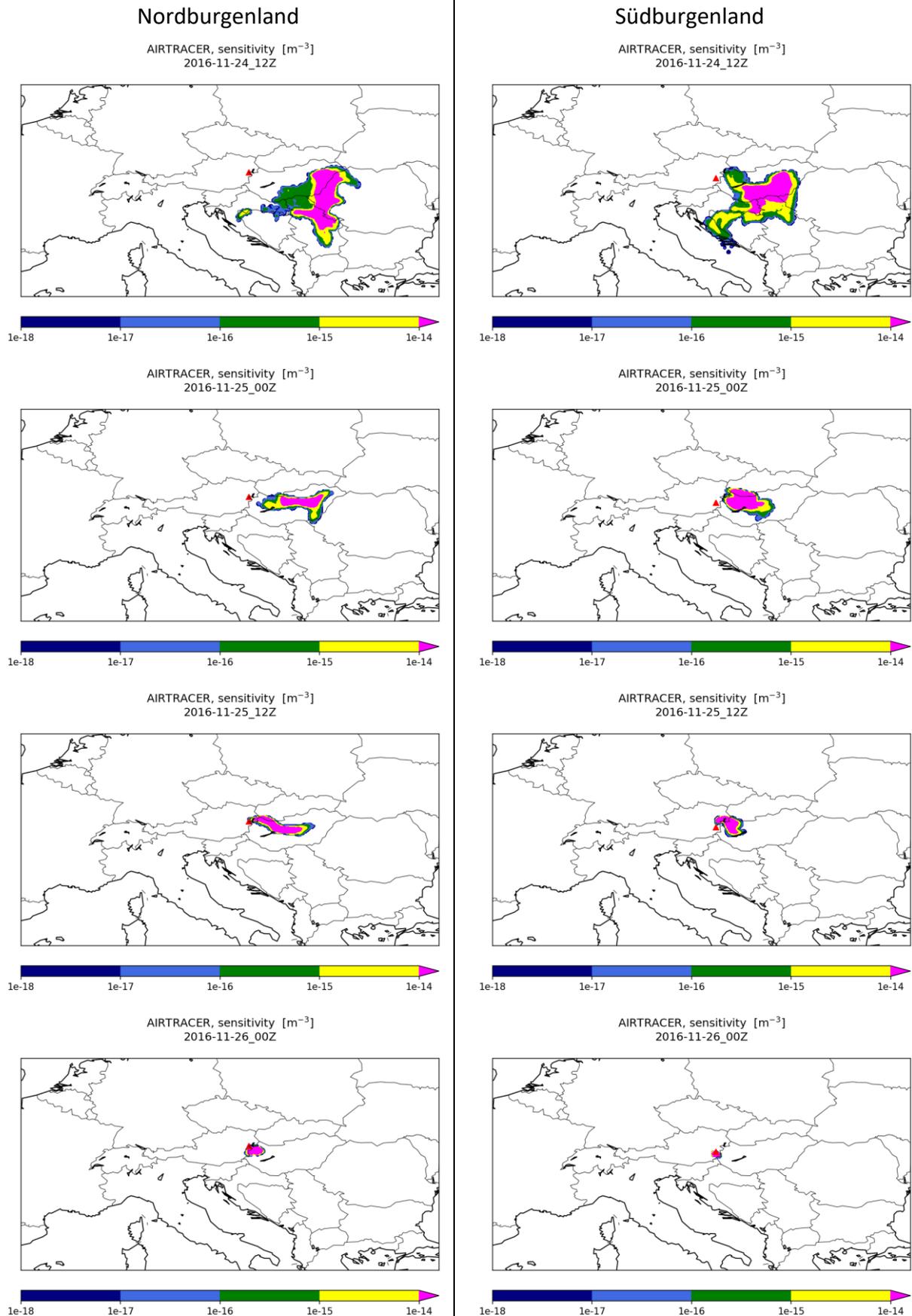


Abbildung 3-24: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 24.11. 12 UTC bis 26.11.2016 0 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 26.11.2016 3:00 bis 6:00 UTC.

Für die Berechnung der Herkunftsgebiete der erhöhten Feinstaubkonzentrationen vom 19.12. wurde die Ankunftszeit von 3:00 bis 6:00 UTC gewählt, da zu dieser Zeit erhöhte Stundenmittelwerte gemessen wurden. Die Ergebnisse der Rückwärtsrechnung sind in Abbildung 3-25 für das Nordburgenland links und für das Südburgenland rechts dargestellt.

Während am 19.12. eine südliche Strömung vorherrschend war, kam die großräumige Strömung am Tag davor aus westlichen Richtungen (vgl. Windrichtungsprofile der Radiosonde Wien Hohe Warte, Abbildung 3-22). Aus diesem Grund zeigt das QRS-Feld in den unteren zwei Abbildungen (18.12. 12 UTC und 19.12. 0 UTC) ein Herkunftsgebiet südlich von Österreich. Durch die Winddrehung auf westliche Winde zeigt sich ab 18.12. 0 UTC auch ein Herkunftsgebiet westlich der Ankunftsgebiete. 2 Tage vor der Ankunft im Nord- bzw. Südburgenland lag die Luftmasse sowohl südlich von Österreich und nördlich des Alpenhauptkamms (17.12. 12 UTC).

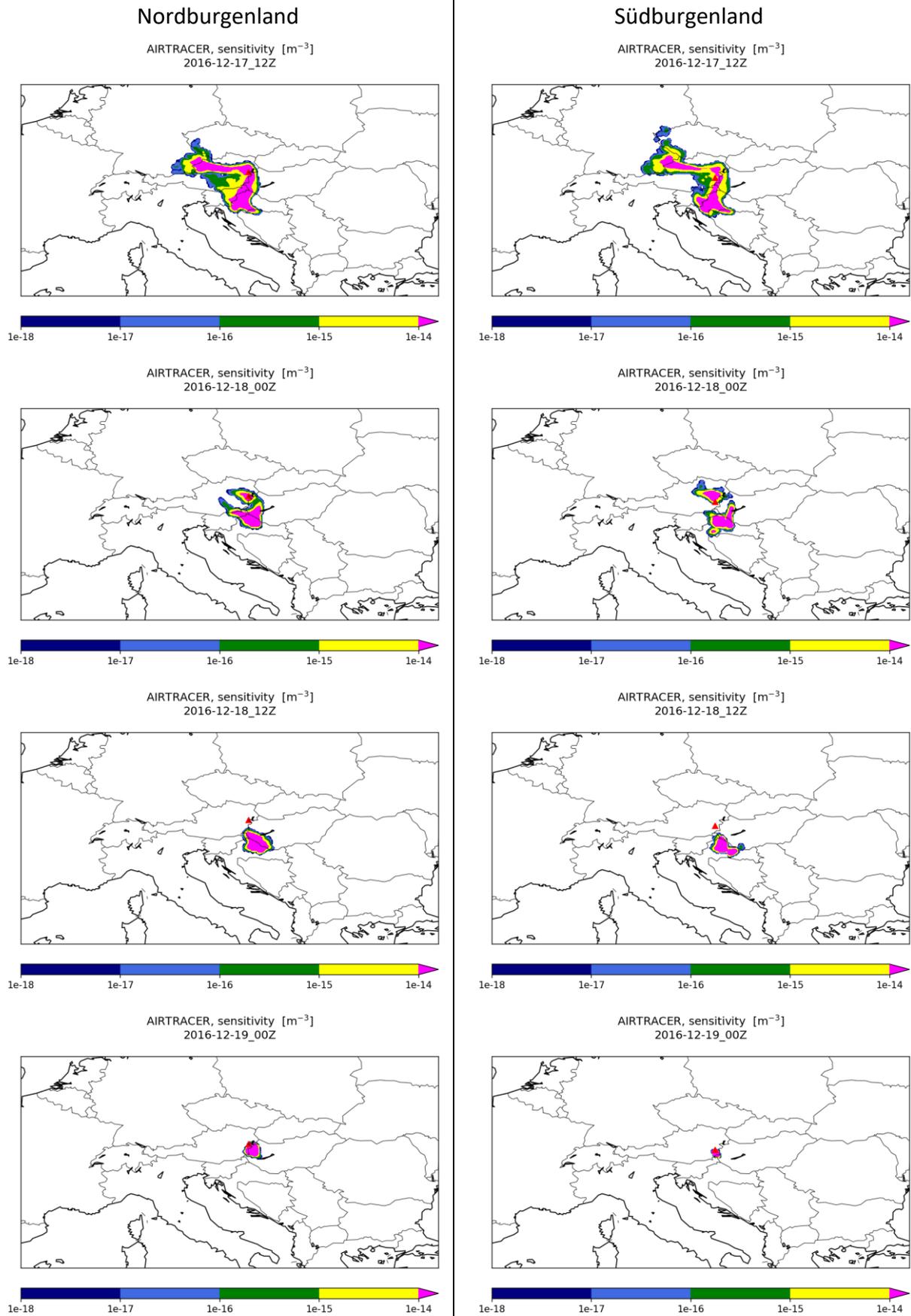


Abbildung 3-25: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 17.12. 12 UTC bis 19.12.2016 0 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 19.12.2016 3:00 bis 6:00 UTC.

3.3 Episode 3: Jänner und Februar 2017

3.3.1 Immissionssituation

In Abbildung 3-26 sind die PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 5.1. bis 22.2.2017 dargestellt.

Im betrachteten Zeitraum wurden an allen burgenländischen Luftgütestationen mehrmals Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes gemessen. Die erste Überschreitung wurde am 11. und 12.1. an der Station Kittsee mit $52,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $59,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Die Stationen Eisenstadt, Illmitz und Oberschützen zeigten ebenfalls erhöhte Feinstaubkonzentrationen, jedoch unterhalb des Grenzwertes. Nach dieser Spitze ging die Konzentration an allen Stationen zurück. Ab dem 14.1. zeigen alle Stationen einen starken Anstieg der Feinstaubkonzentrationen. Am 21.1. wurde an der Station Eisenstadt ein PM10-Tagesmittelwert von $121,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert. An diesem Tag wurde in Illmitz ein Tagesmittelwert von $89,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. In Kittsee wurde die Spitze am 22.1. mit $109,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. An der Station Oberschützen wurde die Spitze einen Tag später, am 23.1., mit $98,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Nach diesen ersten Spitzen gingen die Konzentrationen wieder zurück, blieben jedoch meist über dem Tagesmittelgrenzwert. Ab 26.1./27.1. wurde ein weiterer starker Anstieg in den Konzentrationen registriert. Am 31.1. wurde an der Station Kittsee eine Konzentration von $98,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. In Eisenstadt ($93,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Illmitz ($64,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Oberschützen ($102,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde die Spitze in den Konzentrationen am 1.2. erreicht.

Danach gingen die Feinstaubkonzentrationen an allen Stationen auf Werte unterhalb des Tagesmittelgrenzwertes zurück. Ab etwa 5.2. stiegen die Konzentrationen jedoch wieder sprunghaft an, wodurch am 9.2. an allen Stationen eine Grenzwertüberschreitung gemessen wurde. Tags darauf zeigte sich wieder ein kurzer, starker Rückgang der Konzentrationen. Ab dem 11.2. stiegen die Konzentrationen jedoch wieder an und ab dem 13.2. wurden vermehrt Grenzwertüberschreitungen gemessen. Die höchsten Konzentrationen wurden am 15.2. in Kittsee ($99,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), am 16.2. in Eisenstadt ($88,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und in Illmitz ($71,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), und am 17.2. in Oberschützen ($77,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemessen.

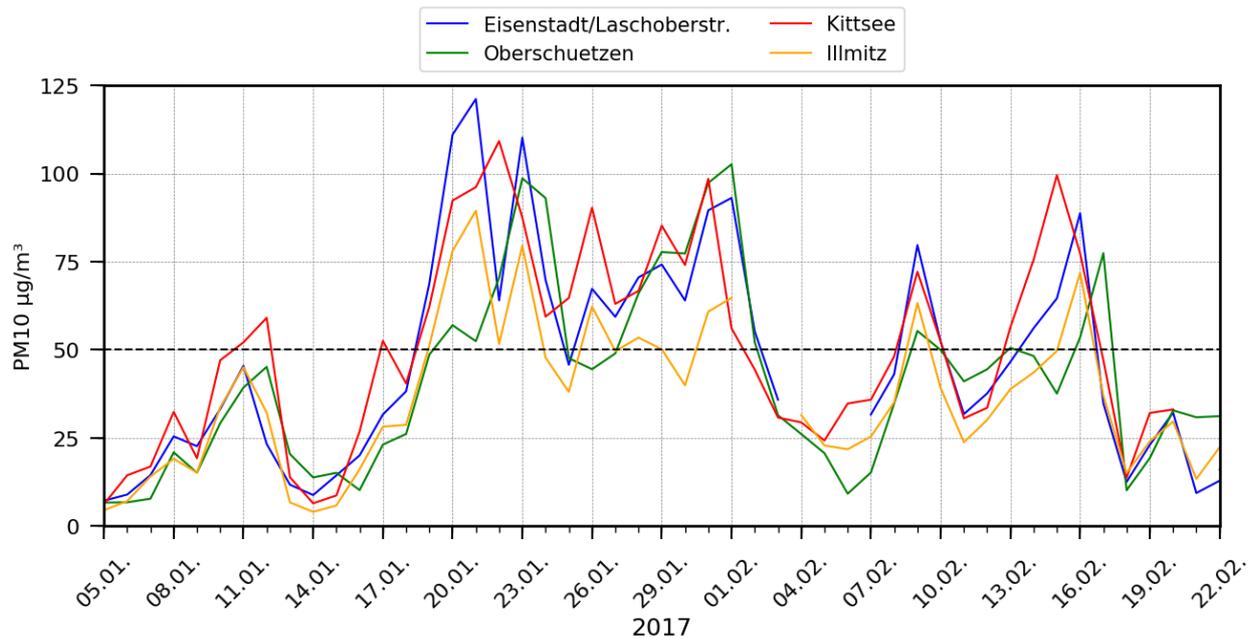


Abbildung 3-26: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 5.1. bis 22.2.2017.

3.3.2 Meteorologie

Nachfolgend sind für das Nordburgenland (Abbildung 3-27) die Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Messungen an den drei nördlichen Luftgütestationen (blauer Bereich) und für das Südburgenland (Abbildung 3-28) die PM10-Tagesmittelwerte der Station Oberschützen dargestellt. Die meteorologischen Messungen stammen von den für die jeweilige Region ausgewählten TAWES-Stationen (Kapitel 2.1). Dargestellt werden die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), die Halbstundenmittelwerte der Windrichtung (rote Punkte) und das 5-Stunden gleitende Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie).

Der betrachtete Zeitraum ist auf zwei Abbildungen aufgeteilt, damit die Darstellung übersichtlicher ist.

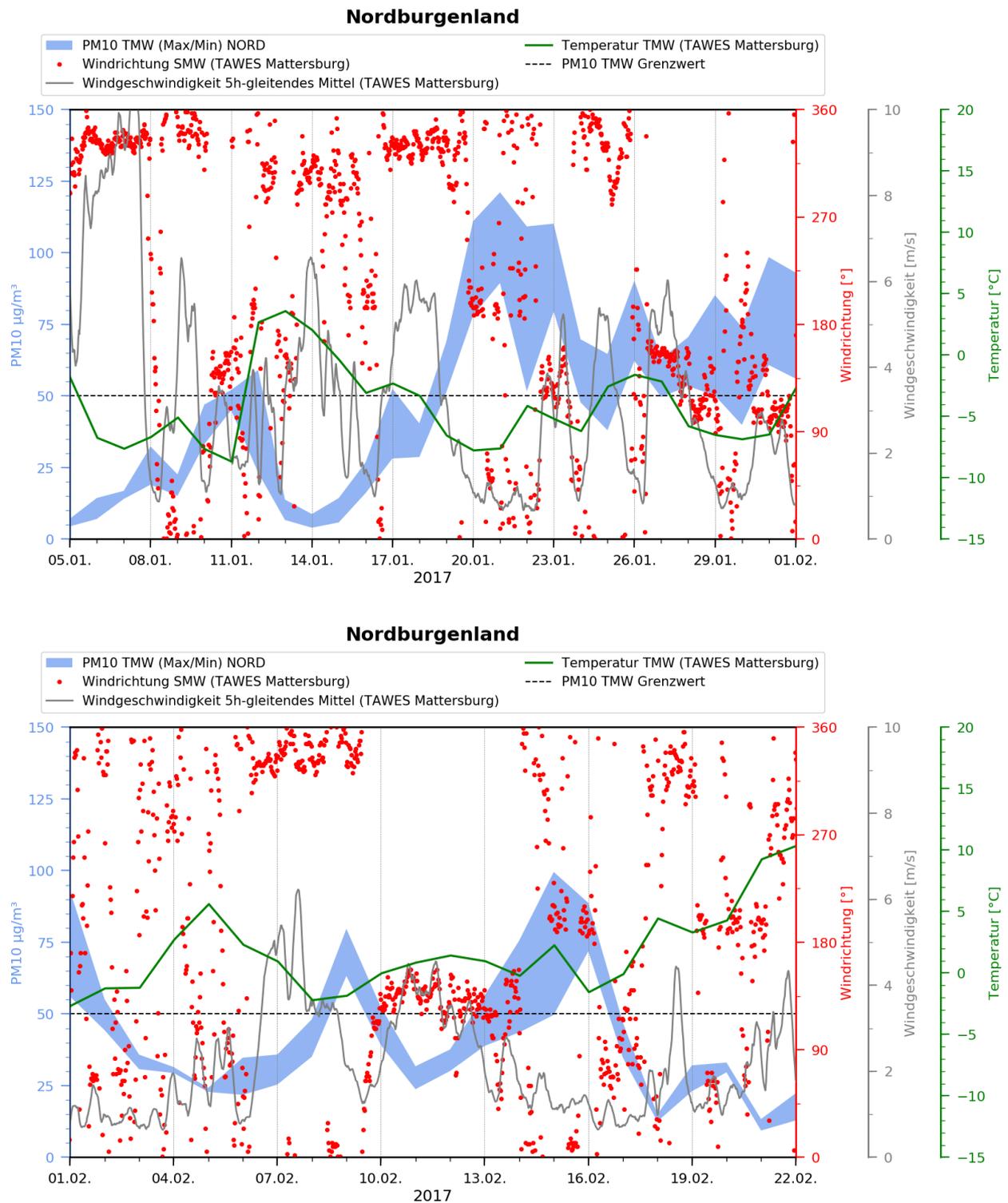


Abbildung 3-27: Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestationen im Nordburgenland, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Line) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Mattersburg.

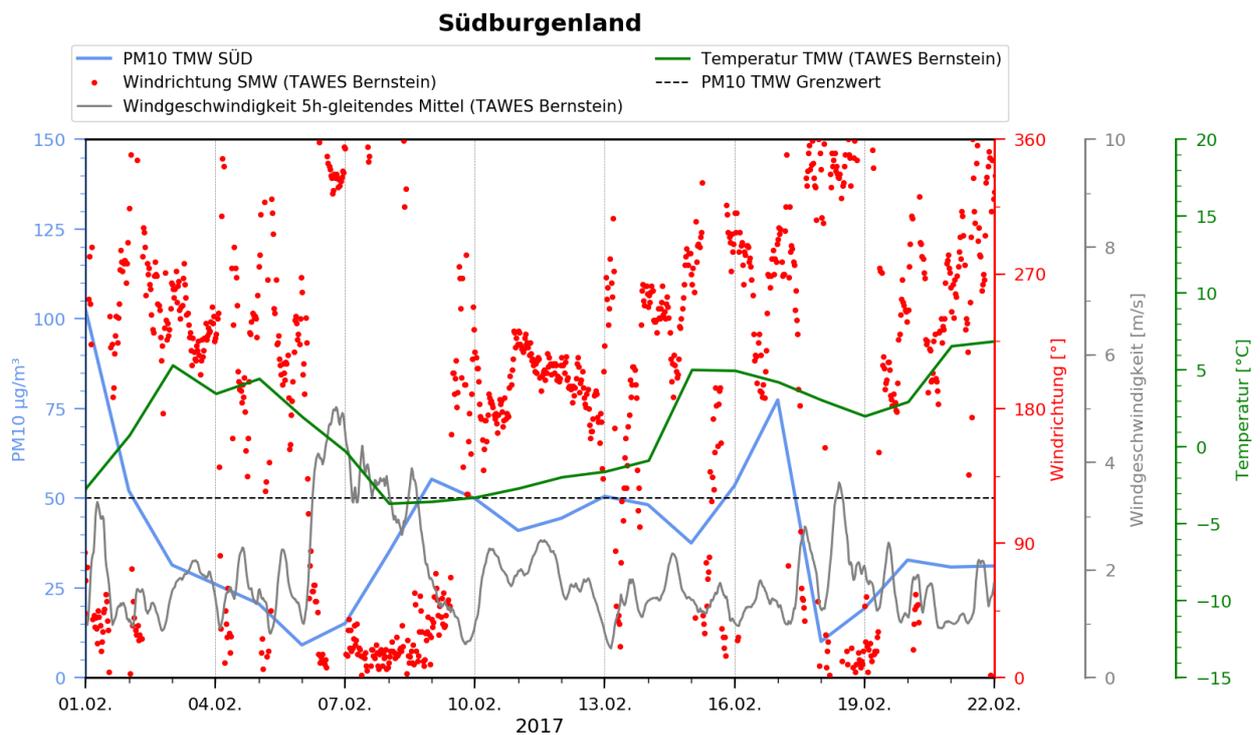
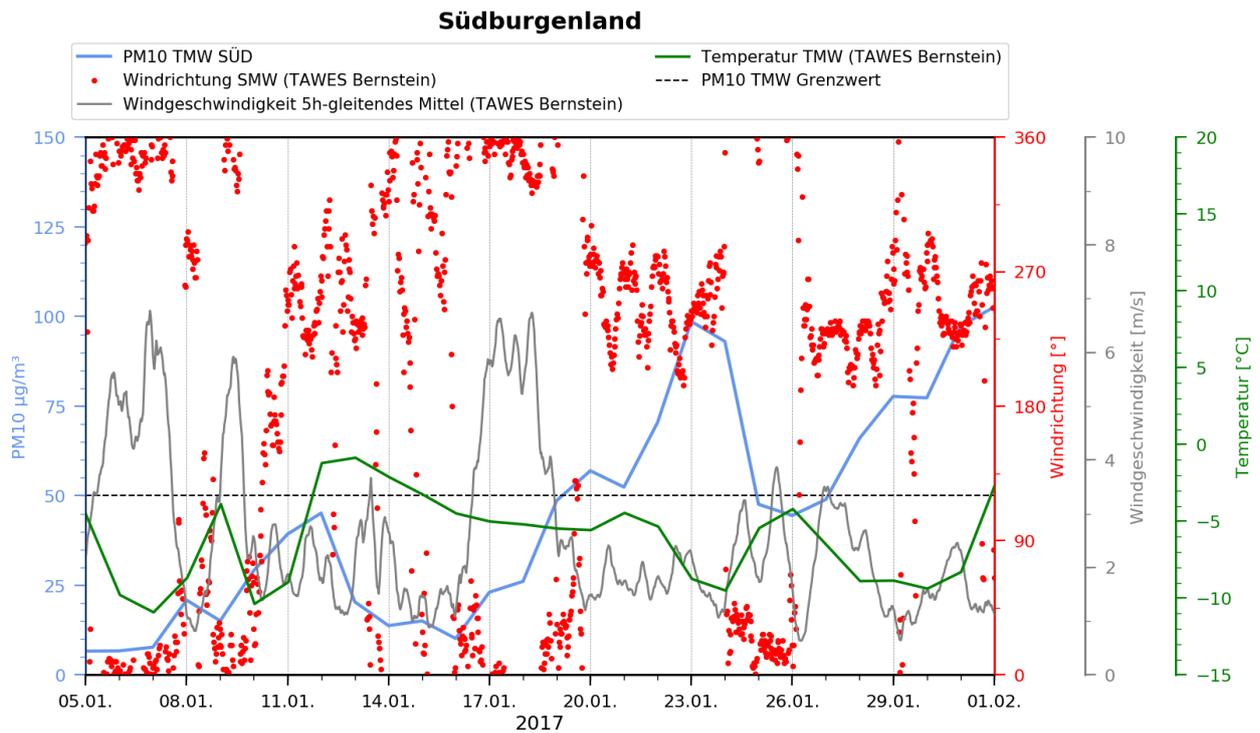


Abbildung 3-28 Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestation Oberschützen, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Bernstein.

Zu Beginn der betrachteten Episode sorgte ein ausgedehntes Hochdruckgebiet mit Kern über Schweden und Norwegen, dass Österreich in eine Nordströmung gelangte, wodurch kalte Luftmassen nach Österreich transportiert wurden. Der Kern des Hochdruckgebiets verlagerte sich in den folgenden Tagen in Richtung Mitteleuropa, weshalb in Österreich weiterhin in der nördlichen Anströmung blieb. In Ostösterreich blieb es, bis auf wenige Ausnahmen, durchgehend trüb und ab und zu schneite es aus dem Hochnebel.

Aufgrund der durch die Bewölkung verminderten Ausstrahlung bildete sich nachts keine bodennahe Temperaturinversion aus, wie in den Radiosondenprofilen zu erkennen ist. Die nächtlichen Temperaturprofile in Abbildung 3-29 zeigen jedoch kleine Änderungen im Temperaturgradienten (Temperaturab- oder -zunahme mit der Höhe). Diese kleinen Änderungen im Temperaturprofil wirken ebenfalls wie Sperrschichten und vermindern den vertikalen Austausch der Luftmassen. Die geringe Temperaturabnahme mit der Höhe, z. B. am 8.1., wird als stabile Schichtung der Atmosphäre bezeichnet und bewirkt austauscharmen Bedingungen.

Die Windrichtungsmessungen der TAWES-Stationen sowie die Messungen der Radiosonde (Abbildung 3-30) zeigen kurz vor der Grenzwertüberschreitung (11.1.) im Nordburgenland bzw. den erhöhten Feinstaubmessungen im Südburgenland eine Drehung von nördlichen auf südöstliche Richtungen. Südöstliche Strömungslagen gehen in Ostösterreich meist mit stabilen Schichtungen, d. h. austauscharmen Situationen, bzw. auch Temperaturinversionen (wie am 11.1., Abbildung 3-29) einher.

Durch das Heranrücken eines Tiefdruckgebiets mit Kern westlich von Norwegen und eines weiteren Tiefdrucksystems im Mittelmeer wechselte das Wettergeschehen in Österreich. Schon im Windrichtungsprofil der Radiosonde vom 11.1. 12 UTC wurden Winde aus westlichen Richtungen oberhalb der Temperaturinversion gemessen. Am nächsten Tag setzte sich der Westwind bis in Bodennähe durch und die Windgeschwindigkeit nahm etwas zu (Abbildung 3-30). Diese Winddrehung wurde auch an den TAWES-Stationen registriert (Abbildung 3-27, Abbildung 3-28), wobei die Station Bernstein (Südburgenland) durch ihre exponierte Lage die Winddrehung früher gemessen hatte als die Station Mattersburg (Nordburgenland). Der auffrischende Wind und der einsetzende Niederschlag (vgl. Temperaturprofil am 12.1. um 12 UTC, Abbildung 3-29 bzw. Rückstreuintensität des Ceilometers, Abbildung 3-31) bedingte einen Luftmassenwechsel, der einen starken Rückgang der Feinstaubkonzentrationen sowie einen rasanten Anstieg der Temperatur mit sich brachte.

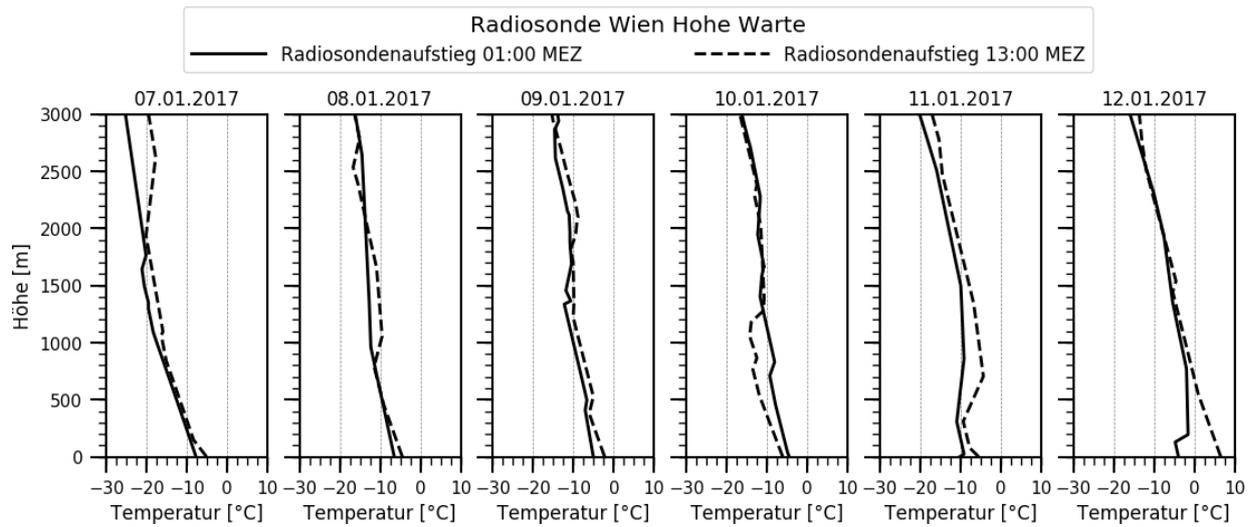


Abbildung 3-29: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 7.1. bis 12.1.2017.

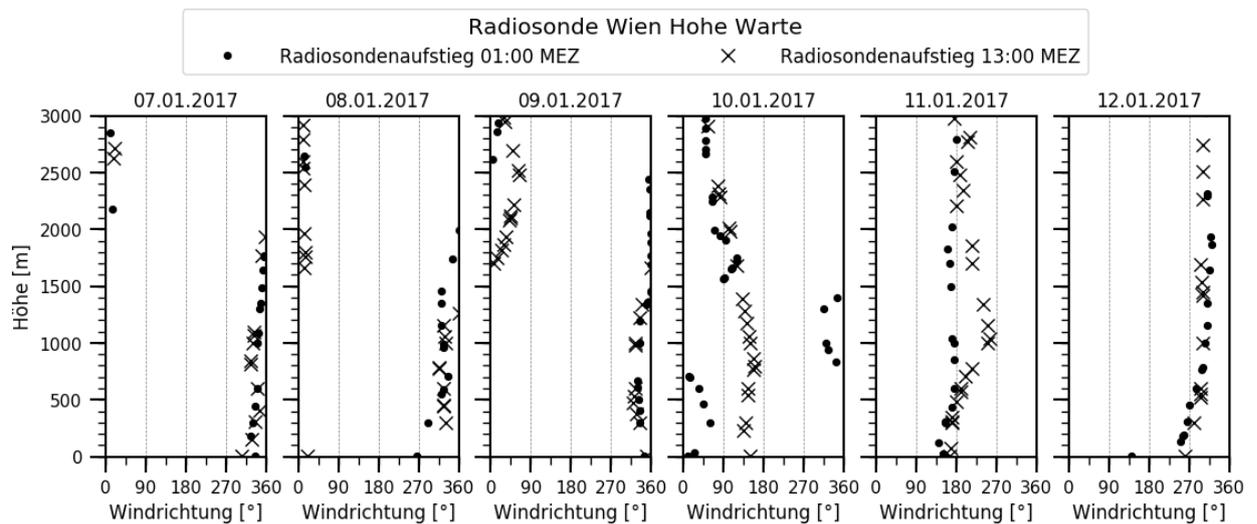


Abbildung 3-30: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 7.1. bis 12.1.2017.

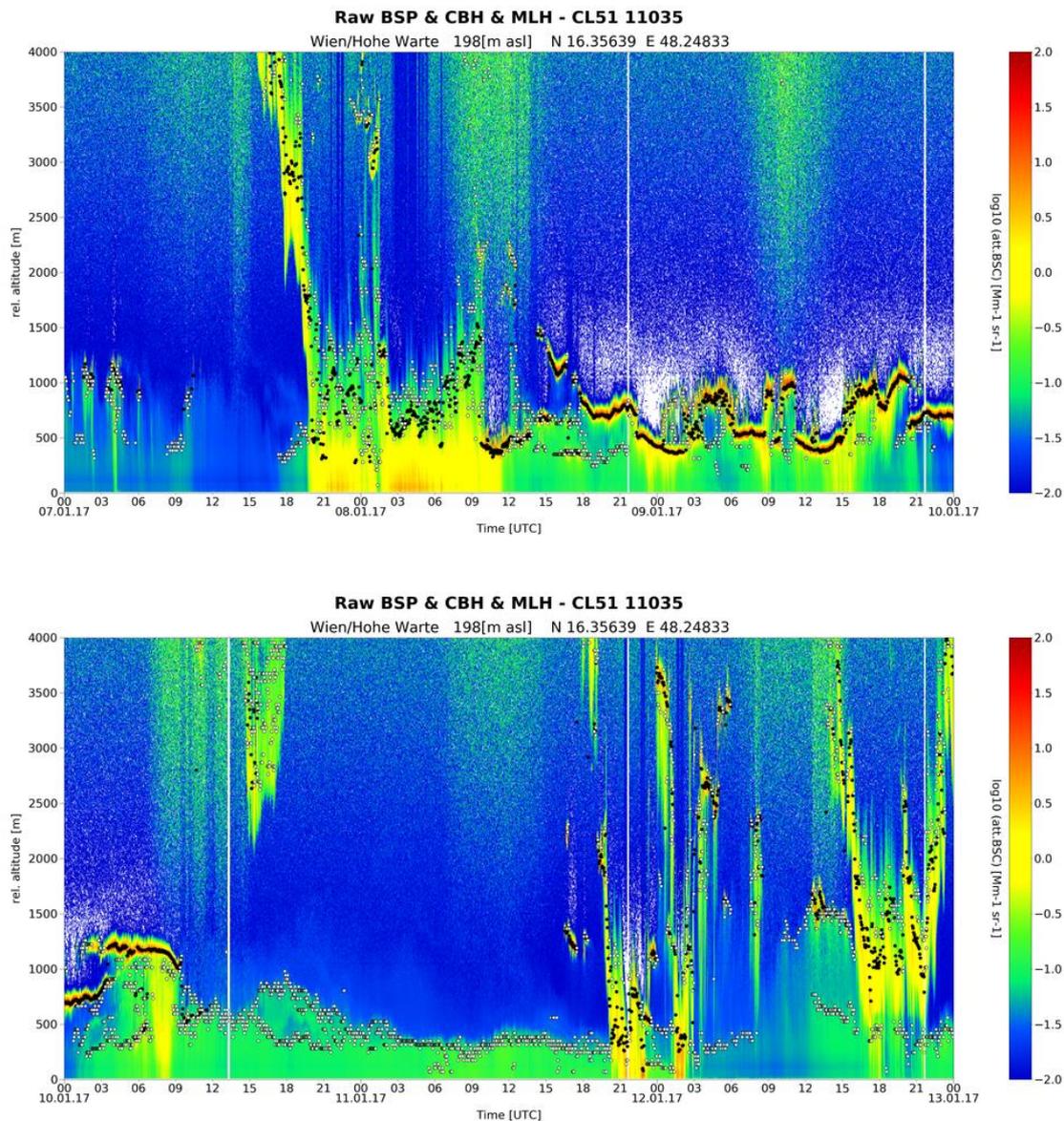


Abbildung 3-31: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 7.1. bis 12.1.2017.

Der Tiefdruckeinfluss wurde rasch von einem heranrückenden Hochdruckgebiet aus dem Atlantik verdrängt. In Österreich drehte die Strömung von westliche auf nördliche Richtungen, wodurch wieder kalte Luftmassen nach Österreich transportiert wurden. Die Tagesmittelwerte der Temperatur fielen innerhalb weniger Tage stark ab und die Feinstaubkonzentration stieg stark an. In der kalten Luftmasse bildete sich eine abgehobene Temperaturinversion in etwa 500m über Grund aus (Abbildung 3-32), welche den vertikalen Austausch der Luftmassen verhinderte. Das Hochdruckgebiet verlagerte sich nur sehr langsam und Österreich gelangte in eine gradientschwache Lage, welche sehr niedrige Windgeschwindigkeiten bedingte. In der Höhe zeigte sich die Winddrehung durch das Vorbeiziehen des Hochdruckkerns deutlicher als an den Bodenstationen. Die Radiosonde registrierte bereits ab dem 18.1. oberhalb der

Temperaturinversion südöstliche Winde (Abbildung 3-33). Im Nordburgenland wurden durch die geringe Windgeschwindigkeit Winde aus südlichen, aber auch nordwestlichen und nordöstlichen Richtungen gemessen. Im Nordburgenland wurden vom 20.1. bis zum 23.1. hohe Feinstaubkonzentrationen registriert. Im Südburgenland blieben schwache, westliche Winde vorherrschend. Die Feinstaubkonzentration stieg deutlich langsamer als im Nordburgenland an, wodurch die Spitze in der Feinstaubkonzentration erst am 23.1. erreicht wurde.

Auch im Rückstreudiagramm des Ceilometers kann man die Zunahme der Aerosole unterhalb der Temperaturinversion durch die gelben Bereiche erkennen (Abbildung 3-34).

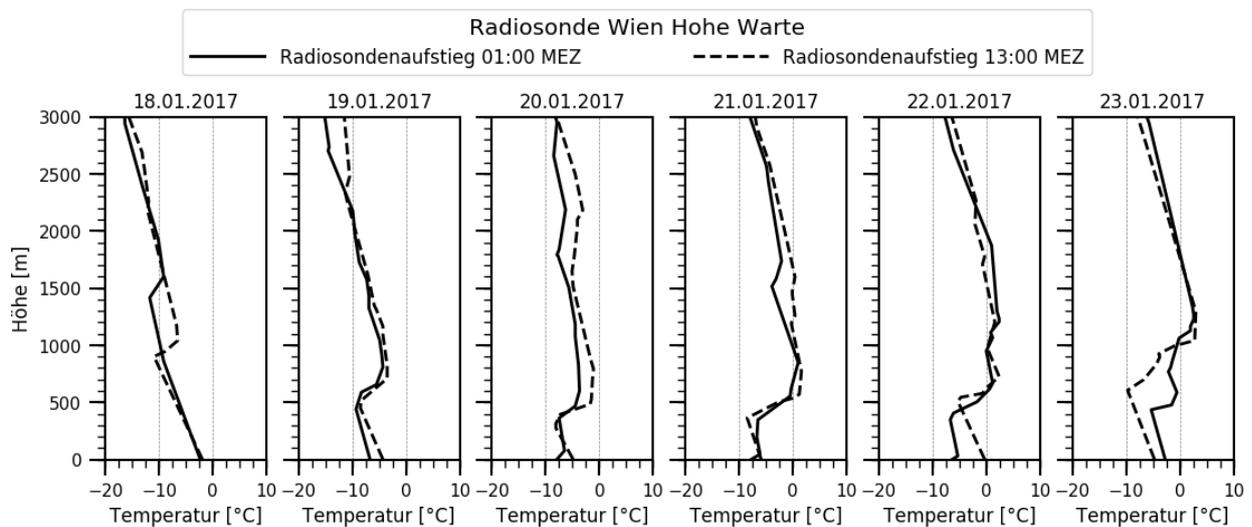


Abbildung 3-32: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 18.1. bis 23.1.2017.

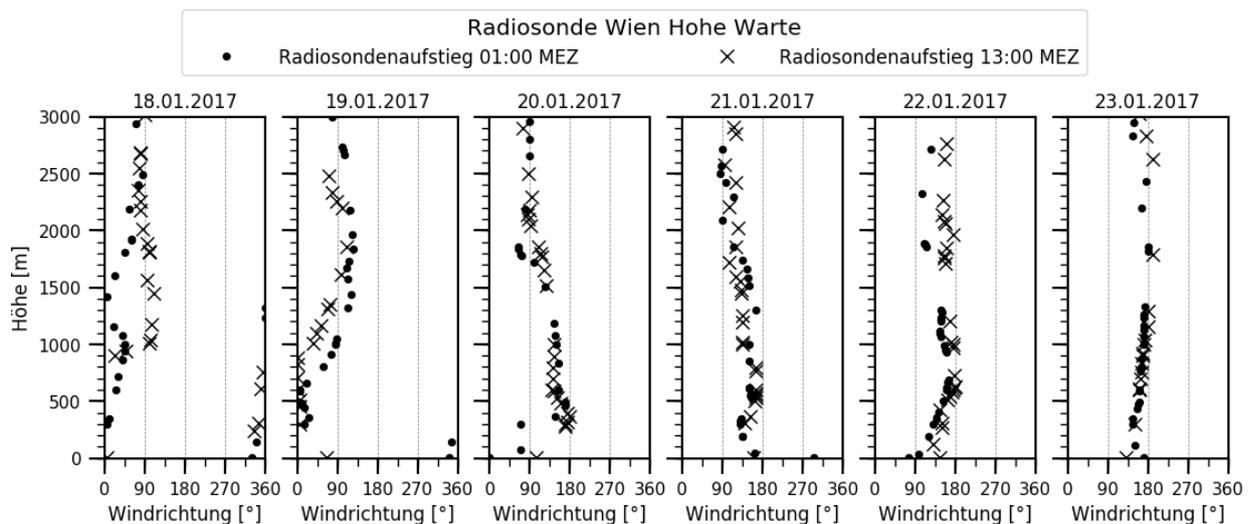


Abbildung 3-33: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 18.1. bis 23.1.2017.

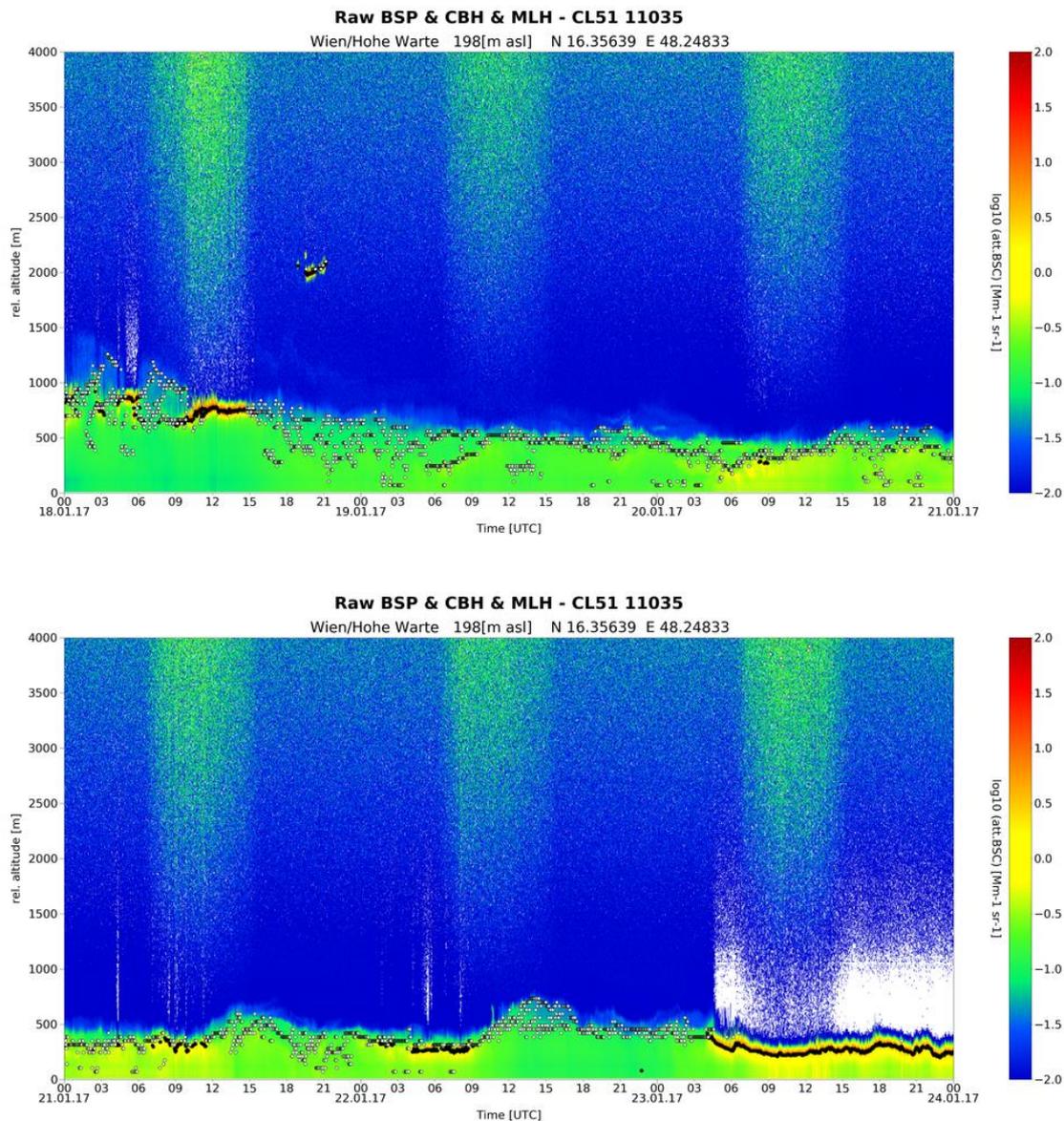


Abbildung 3-34: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 18.1. bis 23.1.2017.

Nach dieser Feinstaubspitze wanderte der Kern des Hochdruckgebiets etwas weiter östlich, wodurch in Österreich der Hochdruckeinfluss etwas geringer wurde. Durch die Ausbildung eines lokalen Hochdruckkerns über Österreich, drehte die Strömung kurzzeitig auf nördliche Richtungen, die etwas höhere Windgeschwindigkeiten aufwiesen. Die Temperaturen stiegen leicht an und die Feinstaubkonzentrationen gingen zurück. Ab dem 26.1. bis Anfang Februar bestimmte ein Hochdruckgebiet mit Kern über Ostösterreich das Wettergeschehen. Im Nordburgenland wurden hauptsächlich schwache Winde aus südöstlichen Richtungen gemessen. Im Südburgenland wurden an der exponierten Station Bernstein meist schwache südwestliche Winde gemessen. Die Feinstaubkonzentrationen stiegen in beiden betrachteten Regionen langsam an.

Da sich das Hochdruckgebiet im Osten nur sehr langsam weiterbewegte, blieb die bodennahe südöstliche Strömung einige Tage erhalten. In den Windrichtungsprofilen (Abbildung 3-36) ist erkennbar, dass unterhalb der stark ausgeprägten Temperaturinversion (Abbildung 3-36) Winde aus südöstlichen Richtungen, darüber eher aus westlichen Richtungen vorherrschend waren. Unterhalb der Temperaturinversion konnten sich die Aerosole ansammeln (Rückstreudiagramm Ceilometer, Abbildung 3-37) und führten so den gemessenen Spitzen Ende Jänner bzw. Anfang Februar 2017.

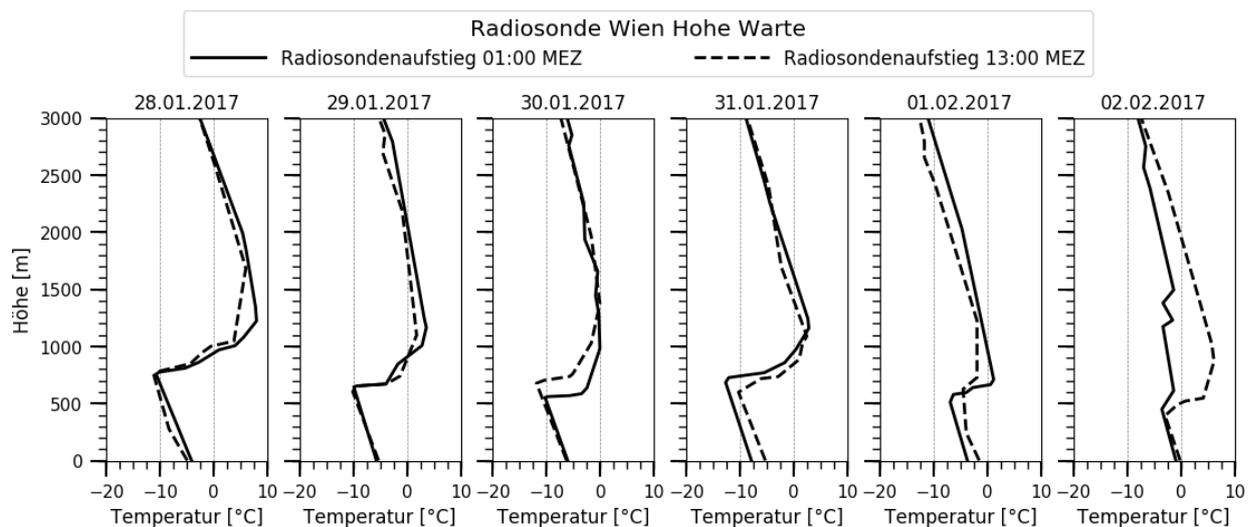


Abbildung 3-35: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 28.1. bis 2.2.2017.

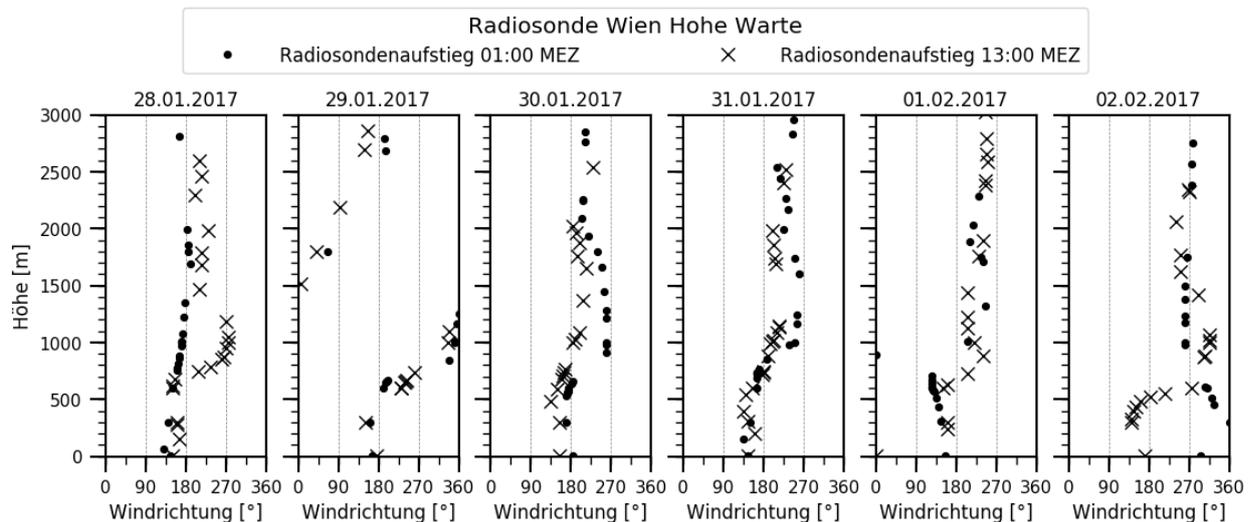


Abbildung 3-36: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 28.1. bis 2.2.2017.

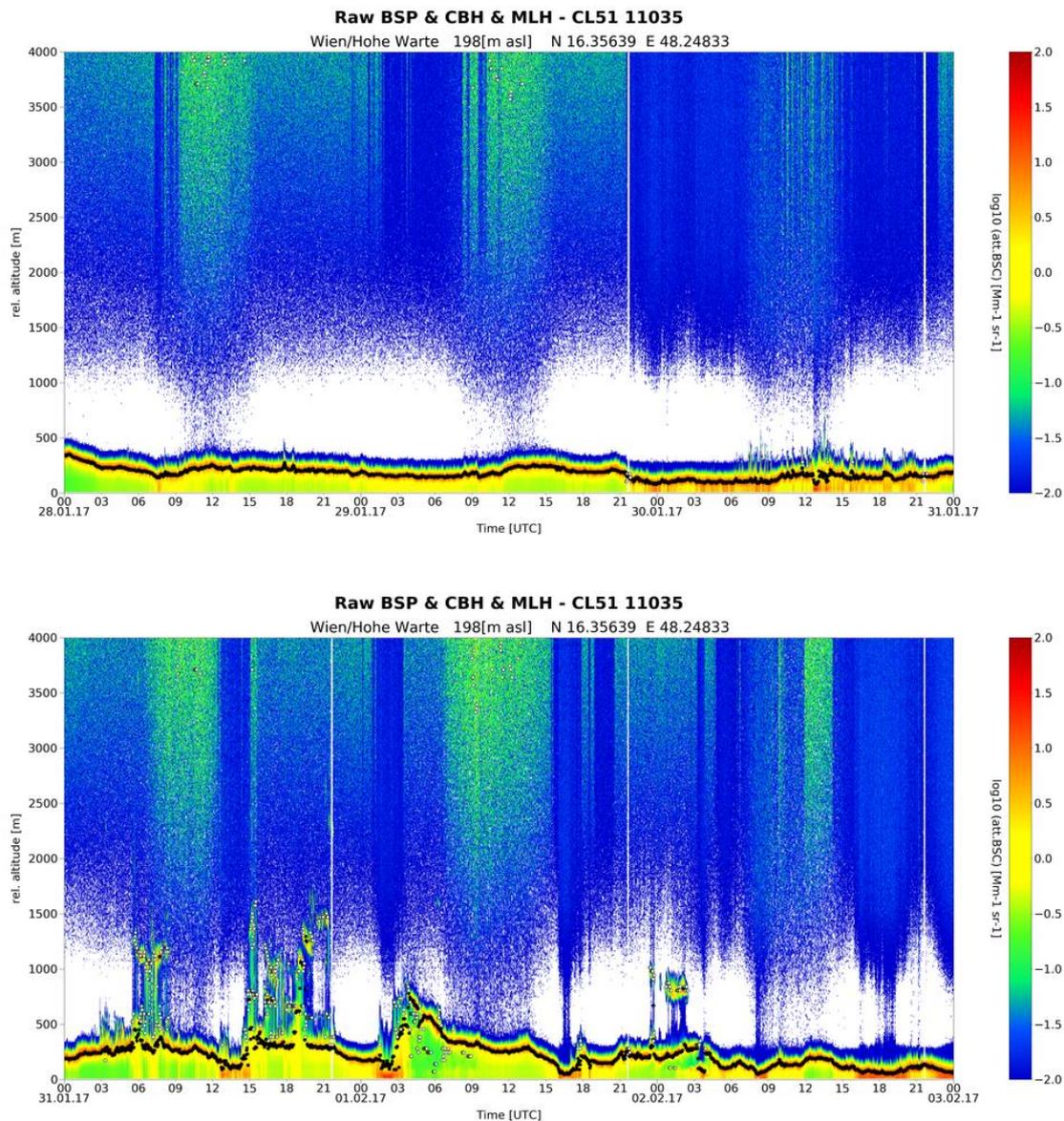


Abbildung 3-37: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 28.1. bis 2.2.2017.

Durch das Heranrücken eines ausgeprägten Tiefdrucksystems wurde die lang andauernde Hochdruckwetterlage beendet. Durch den Wetterumschwung wurde die Grenzschicht durchmischt, die Temperaturen stiegen an und die Feinstaubkonzentrationen gingen deutlich zurück.

Ab dem 5.2. machte sich langsam der Einfluss eines Hochdruckgebiets über Nordeuropa in Österreich bemerkbar. Der Wind drehte auf nördliche Richtungen und die Windgeschwindigkeit nahm zu. Durch die nördlichen Winde wurden kältere Luftmassen nach Österreich transportiert und die Feinstaubkonzentrationen stiegen an. Am 9.2. wurde an allen Stationen eine Überschreitung des Tagesmittelgrenzwerts registriert. Der kurzzeitige Rückgang der Feinstaubkonzentration wurde durch ein ausgeprägtes Höhentief bedingt, welches jedoch

durch die Verlagerung des Hochdruckgebiets von Nordeuropa in Richtung Mitteleuropa rasch verdrängt wurde.

Der Wind drehte im Nordburgenland auf südöstliche Richtungen, auch die Radiosonde in Wien Hohe Warte registrierte auch in der Höhe südöstliche Richtungen. Im Südburgenland wurden eher südwestliche Richtungen gemessen. Mit zunehmendem Hochdruckeinfluss ging die Windgeschwindigkeit deutlich zurück. In dieser austauscharmen, stabilen Wetterlage, bildeten sich Temperaturinversionen (Abbildung 3-38) aus. Unterhalb der Temperaturinversion sammelten sich Aerosole an (Abbildung 3-40) und so wurden von 13.2. bis 17.2. mehrere Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts gemessen. Die höchsten Feinstaubwerte wurden zuerst am 15.2. im Norden des Burgenlands (Kittsee), am nächsten Tag in Eisenstadt und tags darauf in Oberschützen gemessen (Abbildung 3-26). In der stabil geschichteten Grenzschicht dürfte sich die Feinstaubwolke langsam von Norden nach Süden ausgebreitet haben.

In der Nacht von 16.2. auf 17.2. begann es im Westen Österreichs mit Durchzug einer Kaltfront zu regnen. Im Osten setzte der Regen im Laufe des 17.2. ein. Die Kaltfront räumte die Temperaturinversion aus (Temperaturprofil am 18.2., Abbildung 3-38) und die Feinstaubkonzentrationen sanken.

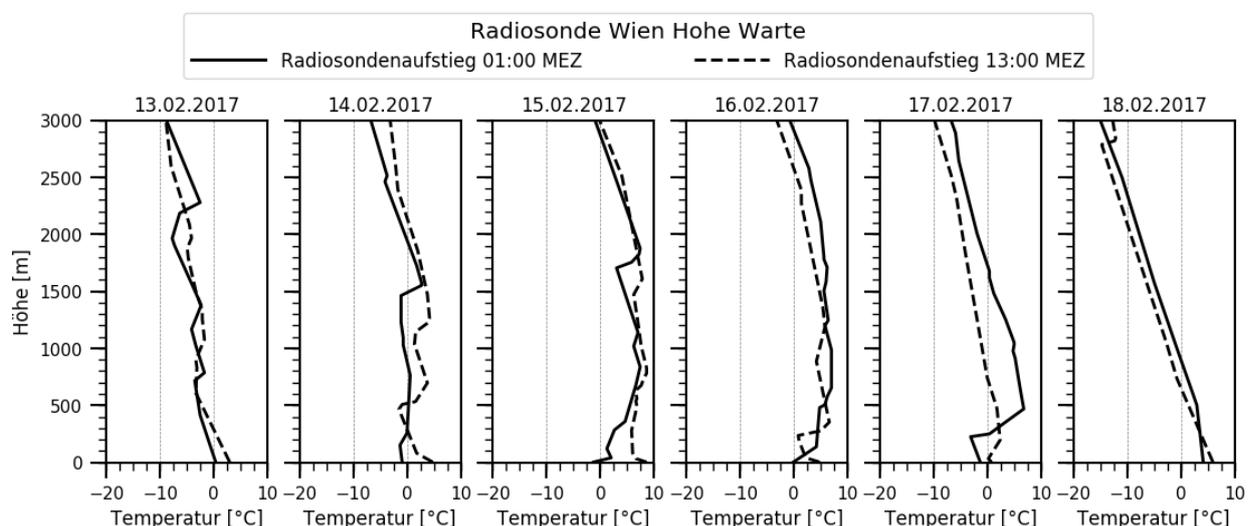


Abbildung 3-38: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 13.2. bis 18.2.2017.

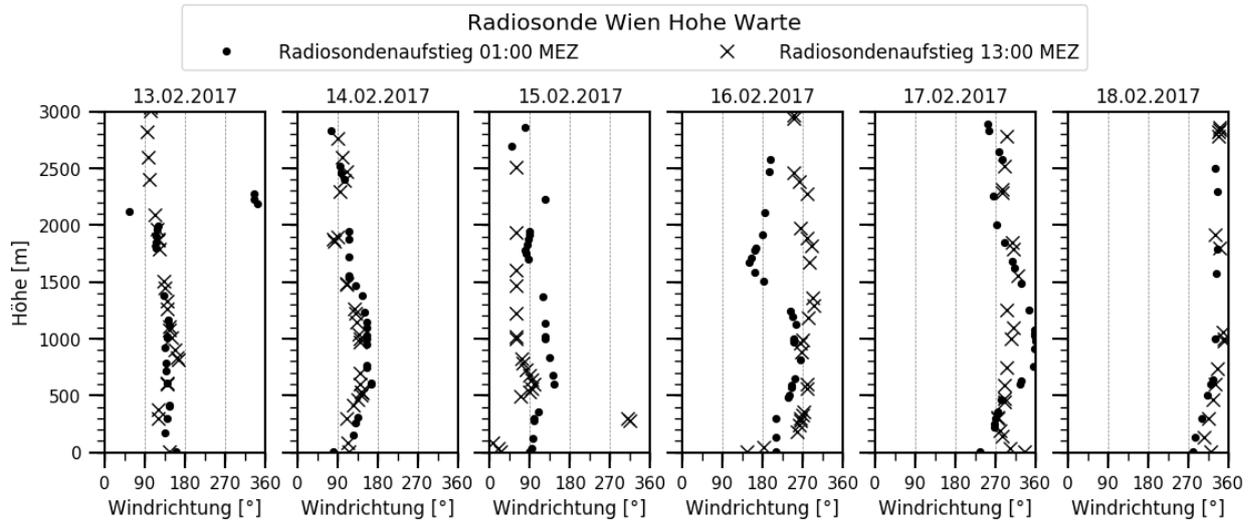


Abbildung 3-39: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 13.2. bis 18.2.2017.

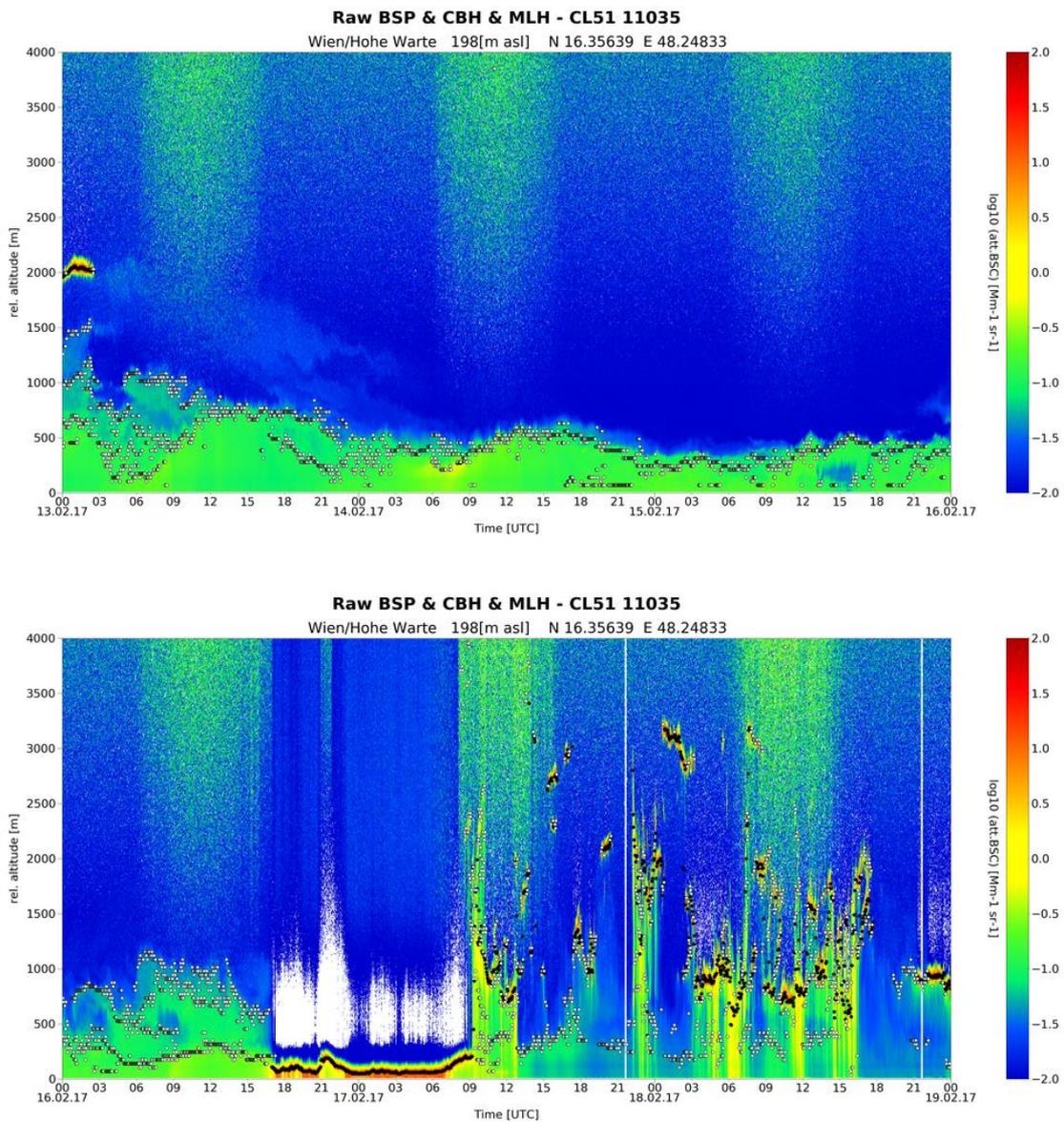


Abbildung 3-40: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 13.2. bis 18.2.2017.

3.3.3 Modellierung

Mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell FLEXPART (Kapitel 2.3) wurde eine Rückwärtsrechnung durchgeführt, um das potentielle Herkunftsgebiet der gemessenen Feinstaubgrenzwertüberschreitungen eingrenzen zu können. Für die betrachtete Episode wurde exemplarisch für die Grenzwertüberschreitung am 21.1. und am 16.2.2017 eine Rückwärtsmodellierung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Rückwärtsrechnung sind in Abbildung 3-41 für das Nordburgenland links und für das Südburgenland rechts dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Gebiete, in welchen sich die Luft in den bodennächsten 100 m befunden hat, bevor sie am 21.1.2017 von 18:00 bis 21:00 UTC im jeweiligen Ankunftsgebiet angekommen ist.

In Kapitel 3.3.2 wurde gezeigt, dass während und kurz vor der Grenzwertüberschreitung am 21.1. niedrige Windgeschwindigkeiten vorherrschend waren. Dementsprechend legte die Luft nur eine kurze Strecke zurück, bevor sie in den Zielgebieten angekommen ist. Am 20.1. 0 UTC befand sich die Luft bereits südöstlich von Österreich (nordöstliches Slowenien, nördliches Kroatien, südliches Österreich). Von dort aus bewegte sich die Luft langsam in Richtung Norden um 42 Stunden später an den Zielgebieten anzukommen.

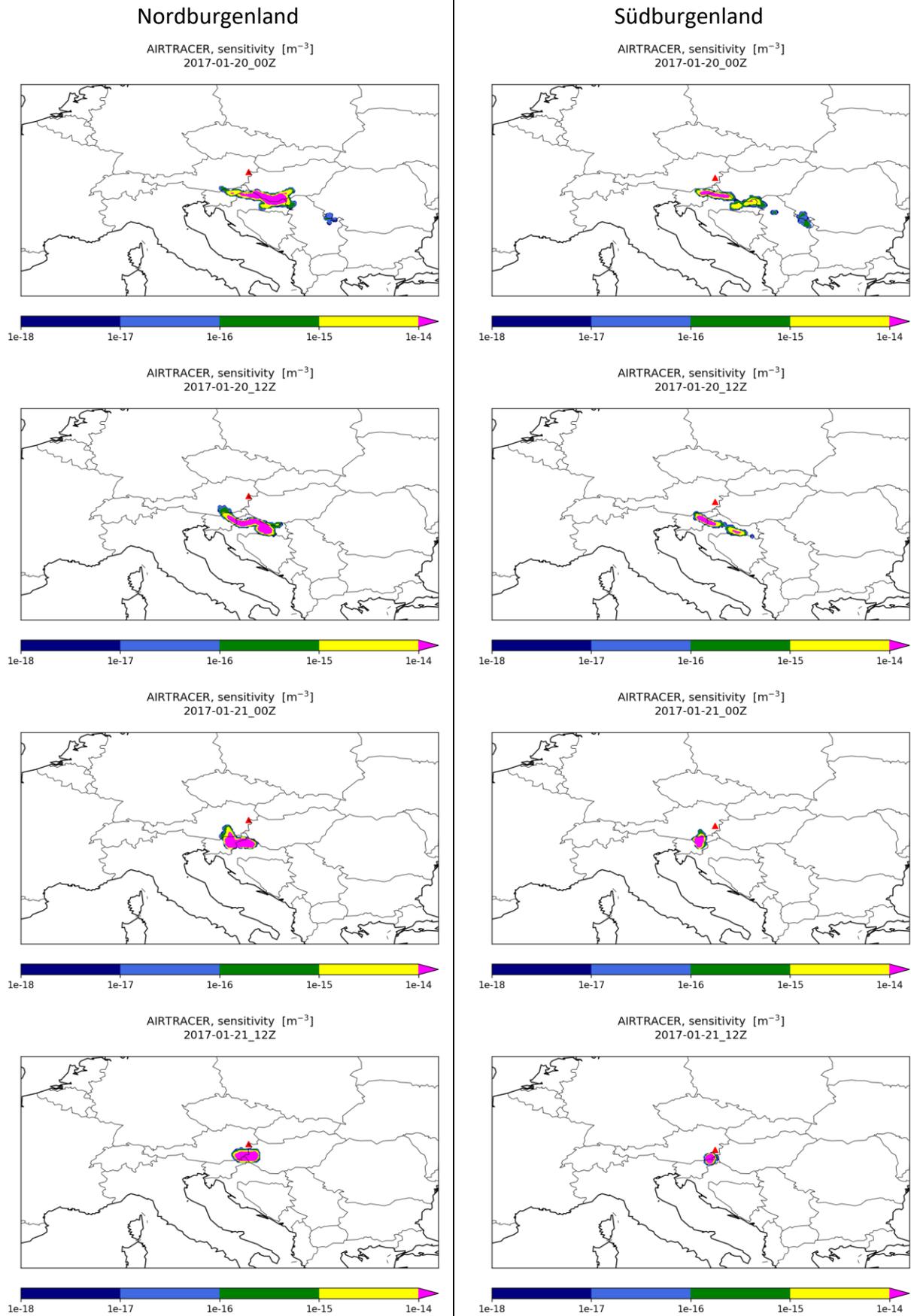


Abbildung 3-41: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 20.1. 0 UTC bis 21.1.2017 12 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 21.1.2017 18:00 bis 21:00 UTC.

Für die Überschreitungen vom 13.2. bis 17.2.2017 wurde als Ankunftszeit für die Rückwärtsrechnung der 16.2.2017 3:00 bis 6:00 UTC ausgewählt, da in dieser Zeit mehrere hohe PM10-Stundenmittelwerte von einigen Stationen gemessen wurden.

Bereits mehrere Tage vor dem 16.2. waren sehr geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschend. Die QRS-Felder für beide Gebiete zeigen, dass es kaum Verlagerungen der Luftmassen gegeben hat (Abbildung 3-42).

Das QRS-Feld für das Südburgenland zeigt, dass sich die Luft am 14.2. 12 UTC über dem südlichen Österreich befand. Bereits 15 Stunden vor der Ankunftszeit befanden sich die Luftmassen über dem Zielgebiet im Südburgenland.

Ein ähnliches Bild zeigt sich für das Nordburgenland. Das QRS-Feld ist zwar etwas weiter ausgedehnt, jedoch befinden sich Teile der Luftmassen in unmittelbarer Nähe bzw. direkt über dem Zielgebiet bereits mehrere Stunden bevor die Überschreitung gemessen wurde.

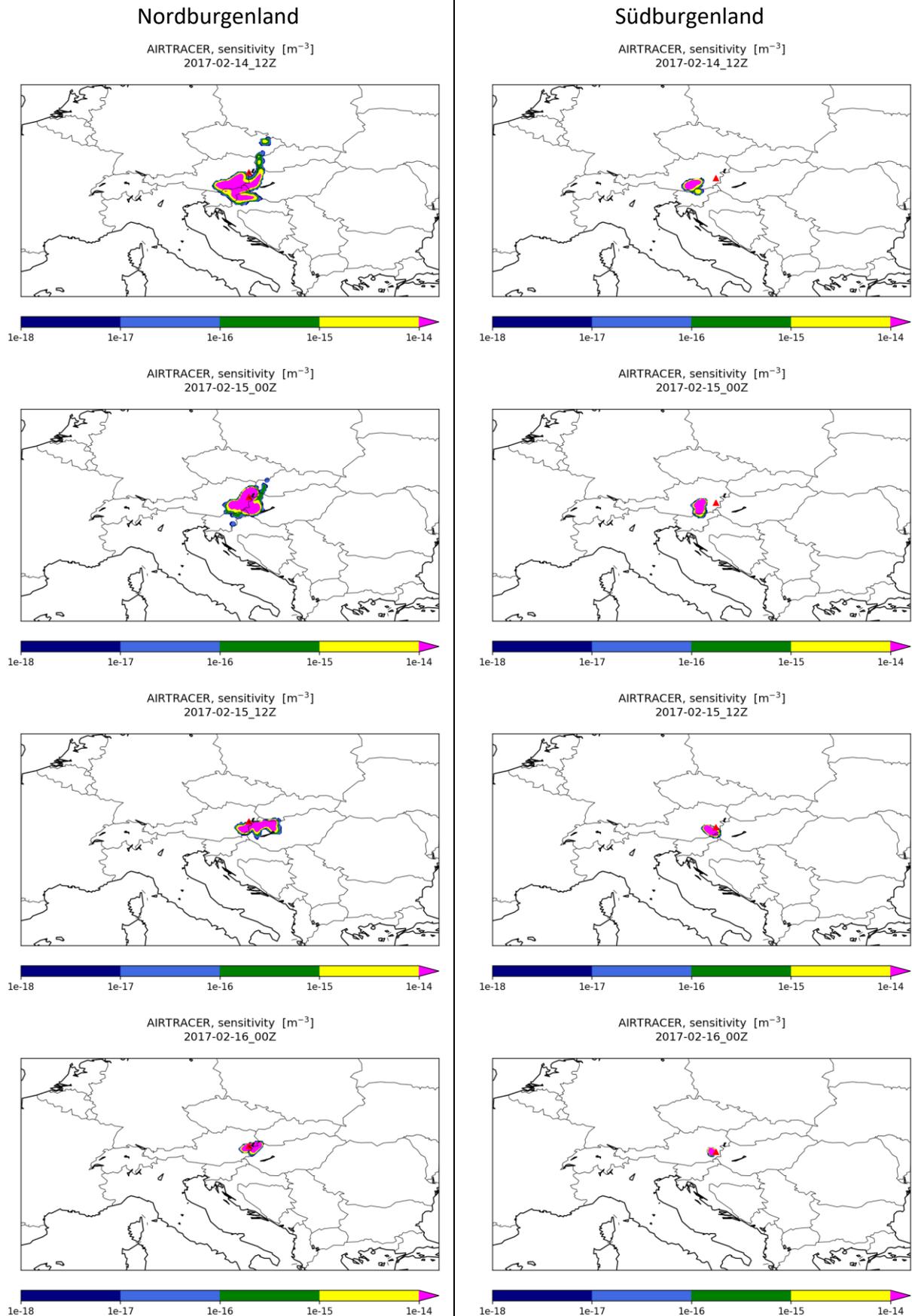


Abbildung 3-42: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 14.2. 12 UTC bis 16.2.2017 0 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 16.2.2017 3:00 bis 6:00 UTC.

3.4 Episode 4: Februar bis Mitte März 2018

3.4.1 Immissionssituation

Abbildung 3-43 zeigt die Tagesmittelwerte der Feinstaubmessungen an allen burgenländischen Luftgütestationen von 2.2. bis 13.3.2018. Während der betrachteten Episode kam es zu mehreren Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), wobei der zeitliche Verlauf der Feinstaubwerte an allen burgenländischen Stationen sehr ähnlich war.

Anfang Februar 2018 waren die Feinstaubkonzentrationen relativ niedrig. Alle Stationen zeigen einen langsamen Anstieg bis zum 9.2.2018. An diesem Tag wurde der Grenzwert an der Station Eisenstadt ($53,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Oberschützen ($60,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten. Die beiden anderen Stationen zeigten Messwerte unterhalb des Grenzwerts (Kittsee $44,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Illmitz $41,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nach dieser Spitze gingen die Konzentrationen deutlich zurück. Von 12.2./13.2. bis zum 17.2. stiegen die Feinstaubkonzentrationen an allen Stationen an, blieben jedoch unterhalb des Grenzwerts. Innerhalb eines Tages gingen die Konzentrationen deutlich zurück, um anschließend wieder zu steigen.

Am 21.2. wurde an den Stationen Eisenstadt ($53,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Kittsee ($56,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eine Überschreitung des Grenzwerts gemessen. In Illmitz wurde mit $48,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine Konzentration knapp unterhalb des Grenzwerts gemessen. Die Station Oberschützen im Südburgenland hingegen zeigte mit $37,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine deutlich niedrigere Feinstaubkonzentration.

Danach gingen die Konzentrationen auf etwa $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zurück. Ab dem 24.2. zeigte sich erneut ein Anstieg der Feinstaubkonzentrationen an allen Stationen. Von 1.3. bis 7.3. wurde an allen Stationen mehrmals der Tagesmittelgrenzwert überschritten. Die höchste Feinstaubkonzentration während dieser Überschreitungen wurde in Kittsee am 4.3.2018 mit $93,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Nach diesen hohen Feinstaubkonzentrationen gingen die Werte zurück und blieben ab dem 8.3. bis zum Ende der betrachteten Episode unterhalb des Grenzwerts.

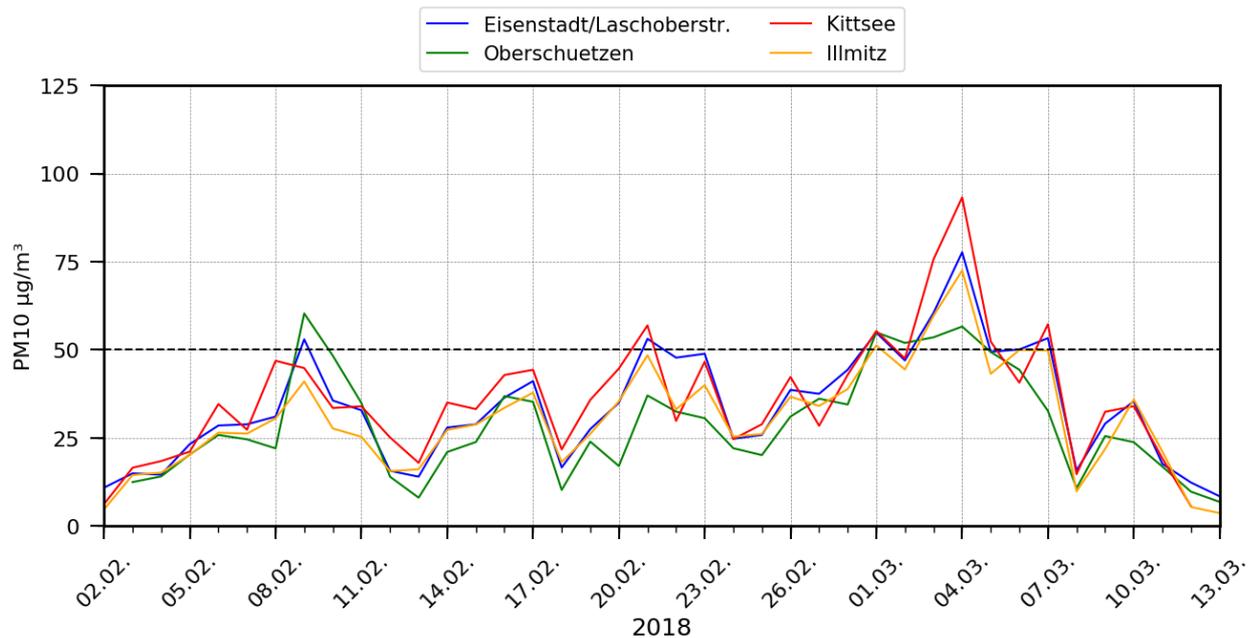


Abbildung 3-43: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 2.2. bis 13.3.2018.

3.4.2 Meteorologie

In Abbildung 3-44 ist für das Nordburgenland die Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Messungen an den drei nördlichen Luftgütestationen (blauer Bereich) dargestellt. Für das Südburgenland (Abbildung 3-45) werden die PM10-Tagesmittelwerte der Station Oberschützen dargestellt. Die meteorologischen Messungen stammen von den für die jeweilige Region ausgewählten TAWES-Stationen (Kapitel 2.1). Dargestellt werden die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), die Halbstundenmittelwerte der Windrichtung (rote Punkte) und das 5-Stunden gleitende Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie).

Der betrachtete Zeitraum ist auf zwei Abbildungen aufgeteilt, damit die Darstellung übersichtlicher ist.

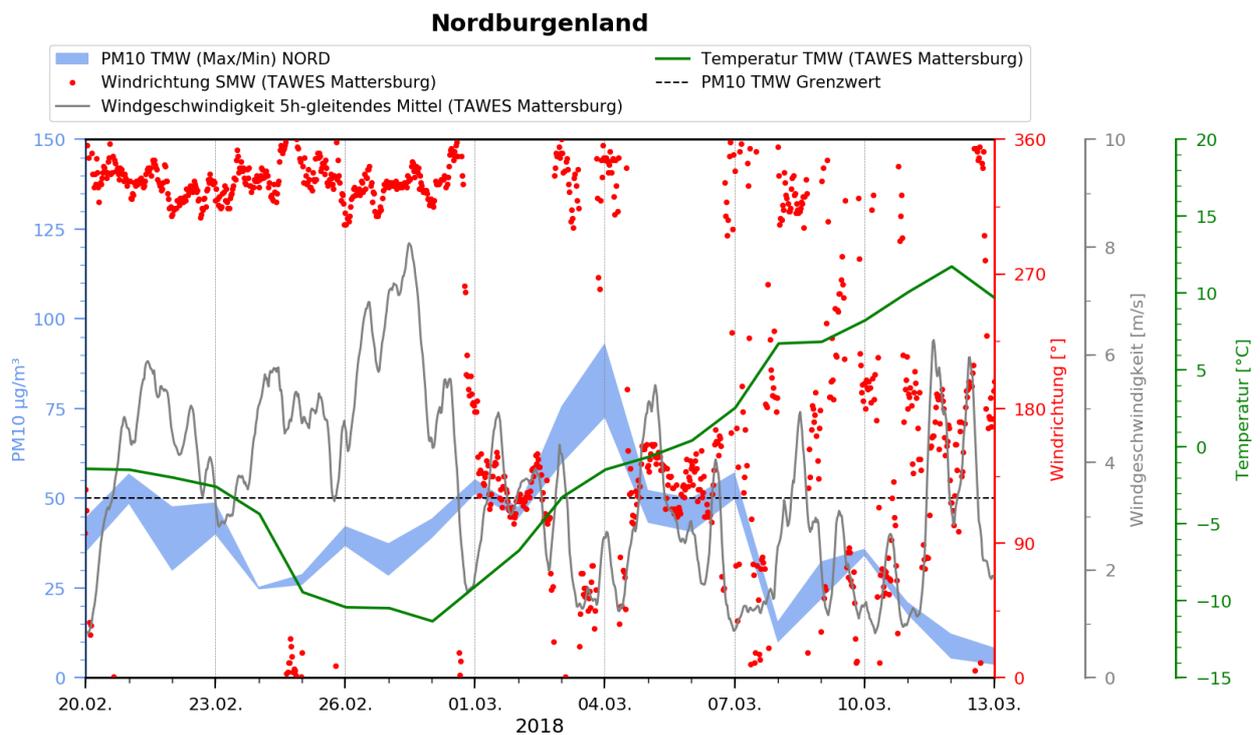
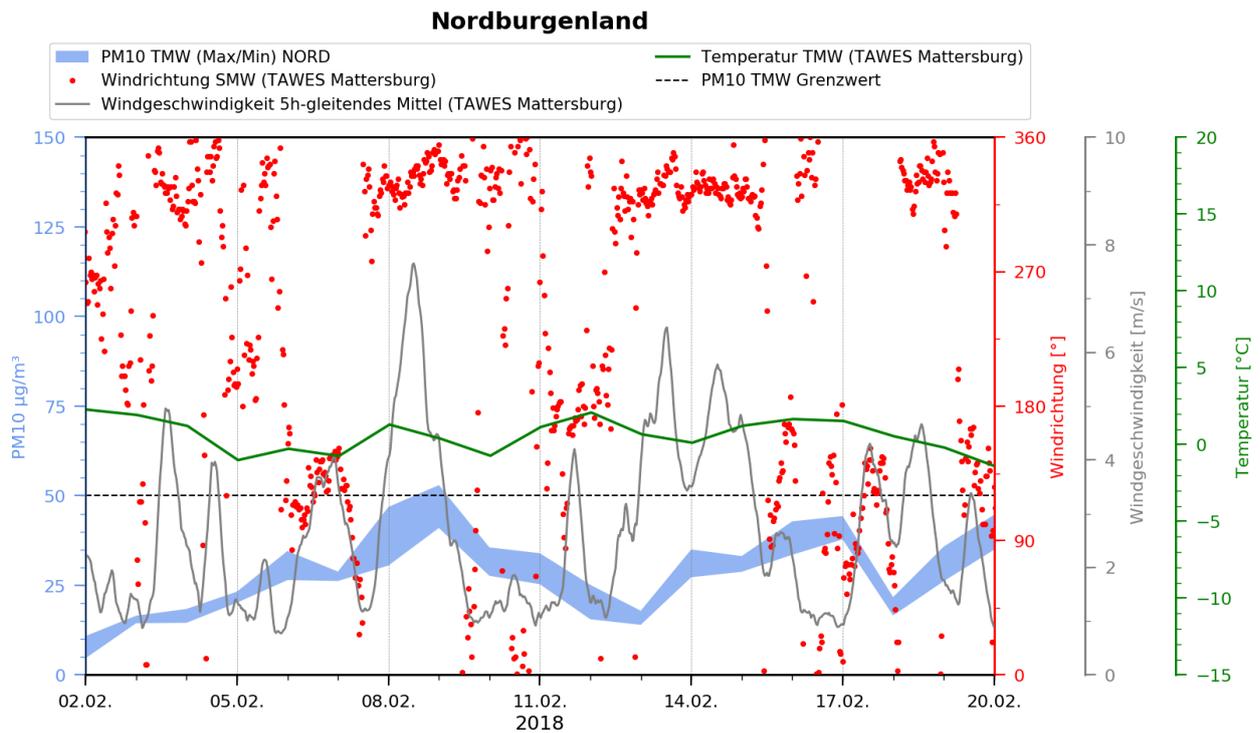


Abbildung 3-44: Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestationen im Nordburgenland, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Line) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Mattersburg.

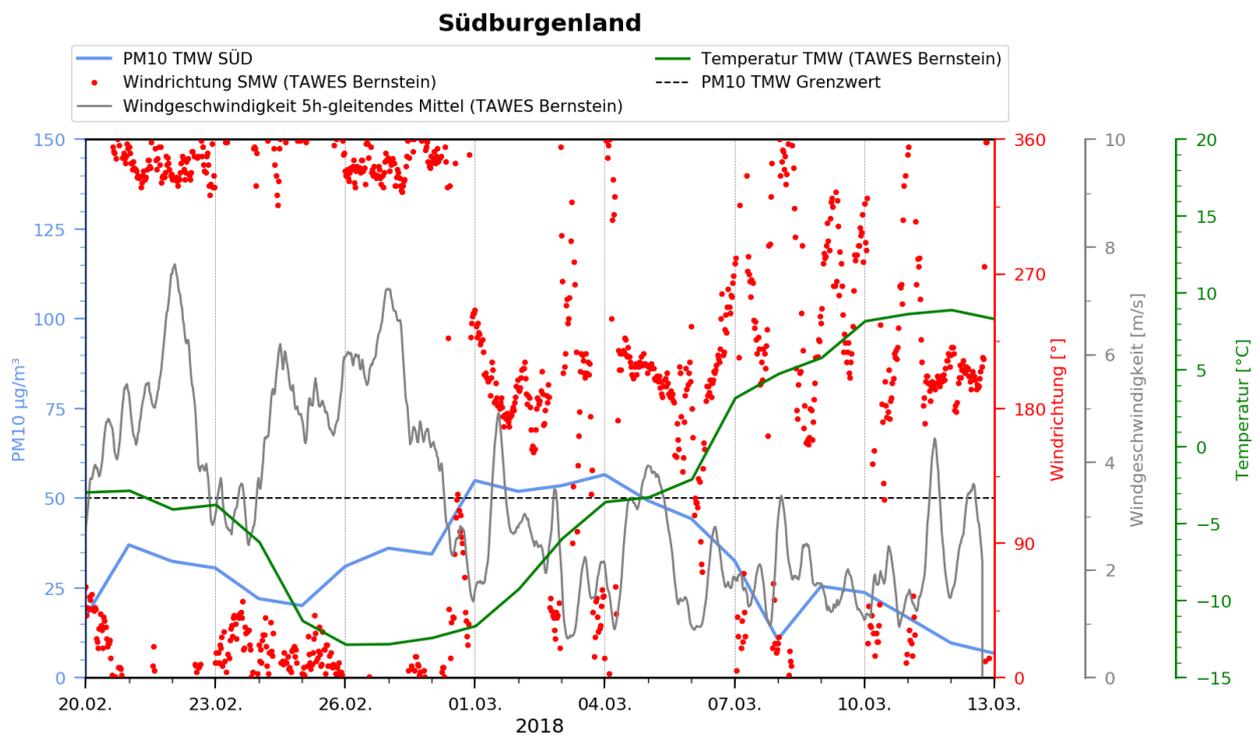
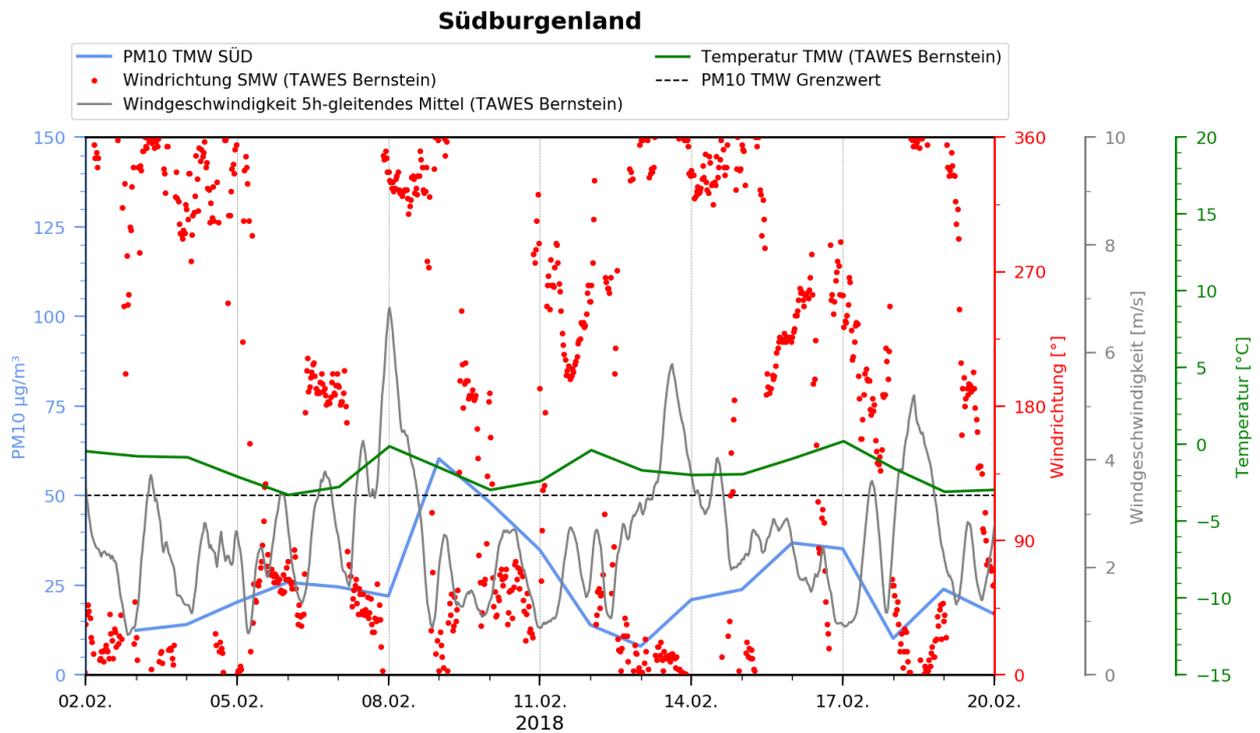


Abbildung 3-45 Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestation Oberschützen, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Bernstein.

Zu Beginn der betrachteten Episode bestimmen mehrere Tiefdrucksysteme mit den dazugehörigen Fronten das Wettergeschehen in Österreich. Nach dem Durchzug der Frontensysteme machte sich von 4.2. bis 6.2. vorübergehend schwacher Hochdruckeinfluss breit, welcher teils relativ freundliches Wetter in Österreich bewirkte. Das Zwischenhoch wurde von einem Tiefdruckgebiet südlich der Alpen abgelöst. Das zum Tiefdruckgebiet gehörige Frontensystem brachte durchwegs trübes und winterliches Wetter und die Windrichtung drehte auf südöstliche bis südliche Windrichtung. Innerhalb der stabil geschichteten Grenzschicht (Abbildung 3-46) sammelten sich die Aerosole an (Abbildung 3-48) und die PM10-Konzentrationen stiegen an. Durch den Abzug des Tiefdruckgebiets nach Osten drehte der Wind in Österreich etwa einen Tag vor der Grenzwertüberschreitung auf nördliche Richtungen und die Windgeschwindigkeit stieg kurzzeitig deutlich an. Die Winddrehung ist auch in den Windrichtungsprofilen der Radiosonde erkennbar (Abbildung 3-47). Am 9.2. wurde im Nord- und Südburgenland eine Überschreitung des Tagesmittelgrenzwerts gemessen.

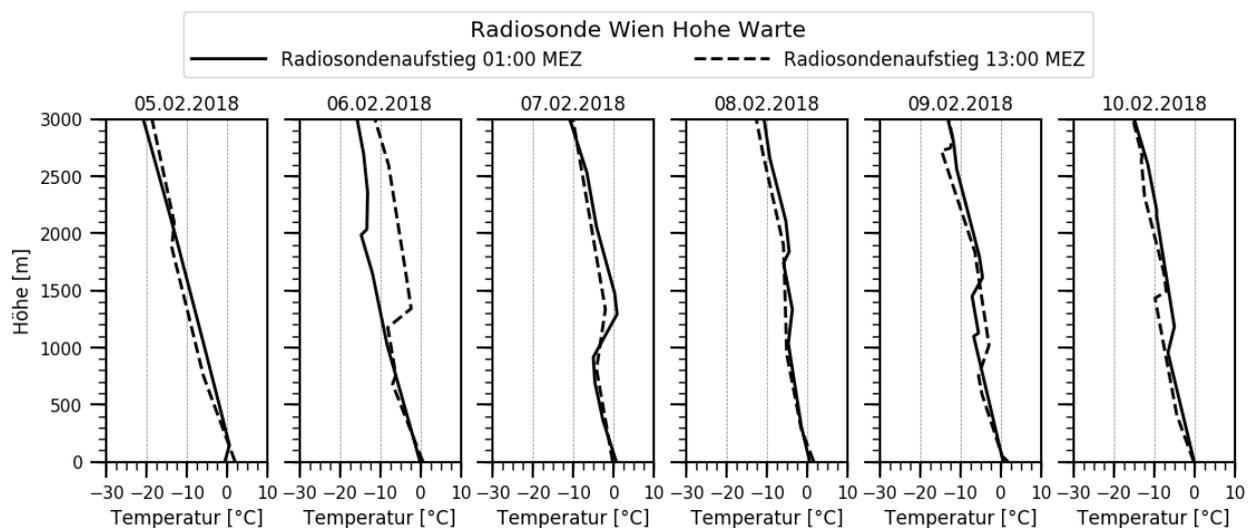


Abbildung 3-46: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 5.2. bis 10.2.2018.

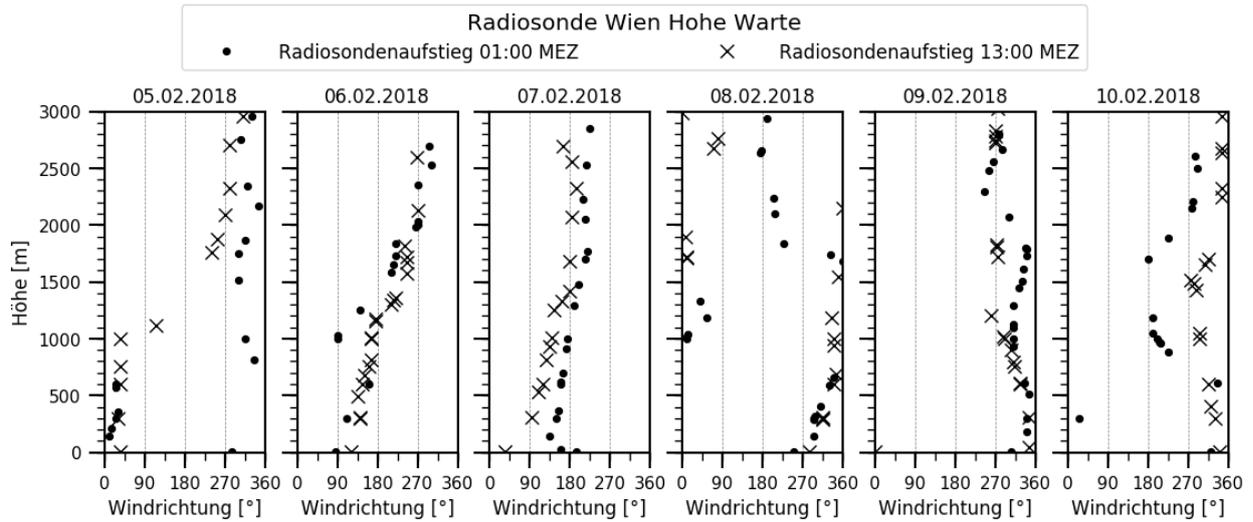


Abbildung 3-47: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 5.2. bis 10.2.2018.

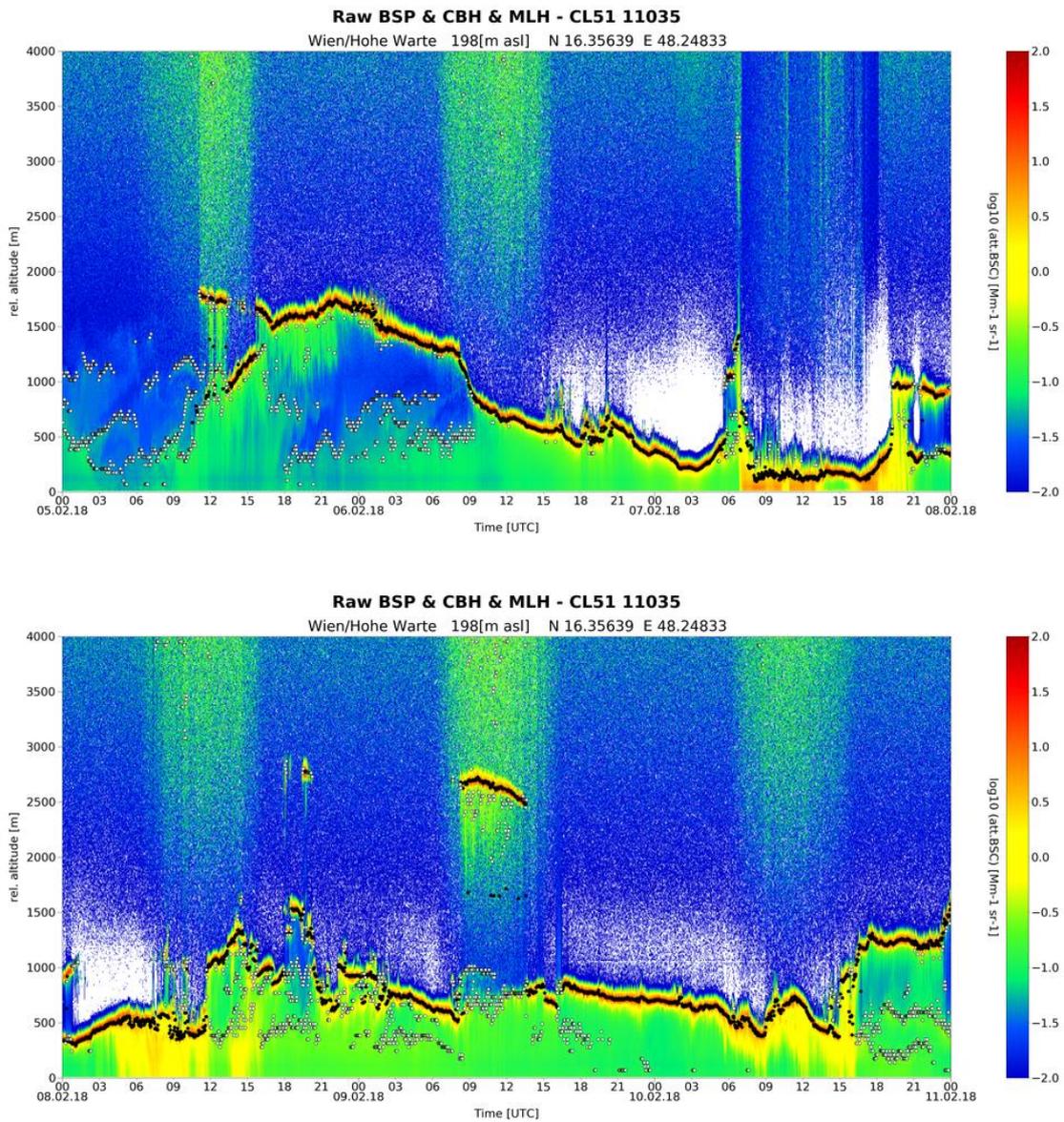


Abbildung 3-48: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 5.2. bis 10.2.2018.

Durch die auffrischenden nördlichen Winde wurde die Grenzschicht langsam durchgemischt, was einen Rückgang der Feinstaubkonzentrationen zu Folge hatte. In den folgenden Tagen machte sich der Einfluss eines Zwischenhochs bemerkbar. In Ostösterreich blieb es in dieser Zeit meist trüb und es fielen unergiebig Mengen an Schnee bzw. Schneeregen. Ab dem 16.2. bedingte ein kleinräumiges kontinentales Tiefdruckgebiet eine Winddrehung auf südöstliche (Nordburgenland) bzw. westliche (Südburgenland) Richtungen und die Windgeschwindigkeit ging deutlich zurück. Unterhalb der mehrere Tage vorherrschenden Temperaturinversion konnten sich die Aerosole ansammeln und die Feinstaubkonzentrationen stiegen an. Die Feinstaubkonzentration erreichte am 17.2. ein sekundäres Maximum, die Tagesmittel blieben aber unterhalb des Grenzwerts.

Von 16.2. bis 22.2. wurde der Hochdruckeinfluss immer wieder von kleinräumigen Störungen unterbrochen, welche in dieser Zeit wiederholt zu Niederschlägen führten. Am 19.2. drehte der Wind von nördlichen Richtungen auf südöstliche Richtungen. Es konnte sich eine Temperaturinversion ausbilden, welche eine Durchmischung der Grenzschicht verhinderte und somit einen Anstieg der Feinstaubkonzentration zu Folge hatte. Am 21.2. wurde von allen Stationen im Nordburgenland eine Überschreitung des Tagesmittelgrenzwerts gemessen. Im Südburgenland blieb die Feinstaubkonzentration deutlich unterhalb des Grenzwerts.

Nach dieser unruhigen Wetterphase setzte sich der Einfluss eines Hochdruckgebiets mit Zentrum über Fennoskandien durch. Österreich gelangte dadurch in eine Nordströmung, die kontinentale, trockene Kaltluftmassen nach Österreich transportierte. Die Tagesmittelwerte der Temperatur sanken innerhalb weniger Tage um mehr als 5 °C. Gleichzeitig mit den fallenden Temperaturen begannen die Feinstaubkonzentrationen zu steigen. Der Wind drehte am 1.3. am Boden auf südöstliche (Nordburgenland) bzw. südliche (Südburgenland) Richtungen, in der Höhe waren südwestliche bis westliche Richtungen vorherrschend (Abbildung 3-50). Durch die Advektion wärmerer Luftmassen in den höheren Luftschichten verstärkte sich die Temperaturinversion (Abbildung 3-49). Die Rückstreudiagramme des Ceilometers Wien Hohe Warte (Abbildung 3-51) veranschaulichen die Ansammlung von Aerosolen unterhalb der Temperaturinversion. Von 1.3. bis 7.3. wurden mehrere Grenzwertüberschreitungen von allen Stationen gemessen. Während dieser Zeit waren zwischenzeitlich auch schwache Winde aus nördlichen Richtungen vorherrschend. Die niedrigen Windgeschwindigkeiten sowie die Temperaturinversion bewirkten einen sehr geringen horizontalen und vertikalen Austausch der

Luftmassen, weshalb sich Aerosole in der Grenzschicht ansammeln konnten und zu den gemessenen Grenzwertüberschreitungen führten.

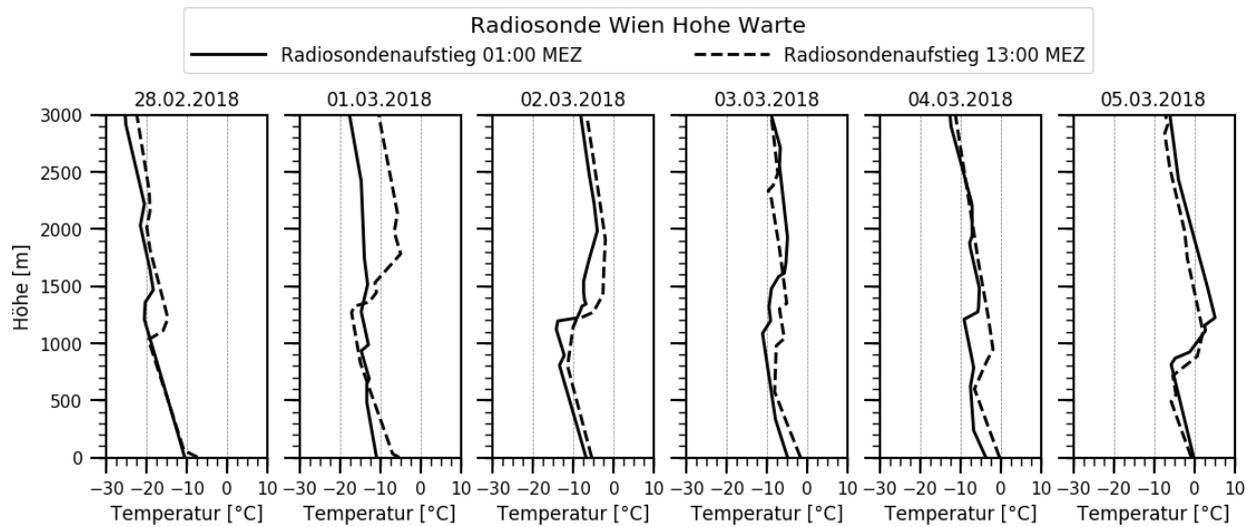


Abbildung 3-49: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 28.2. bis 5.3.2018.

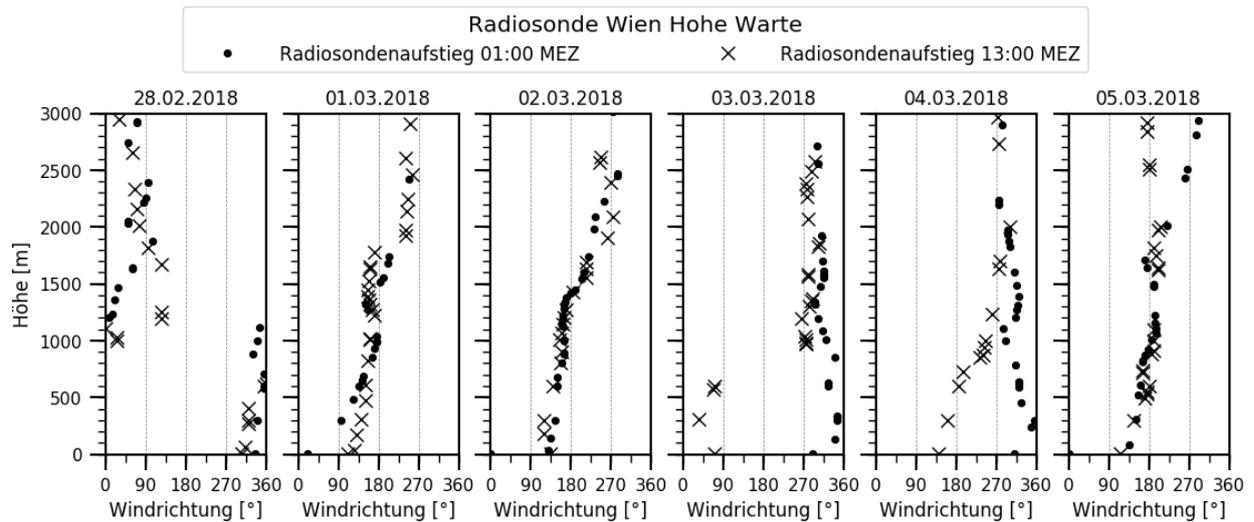


Abbildung 3-50: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 28.2. bis 5.3.2018.

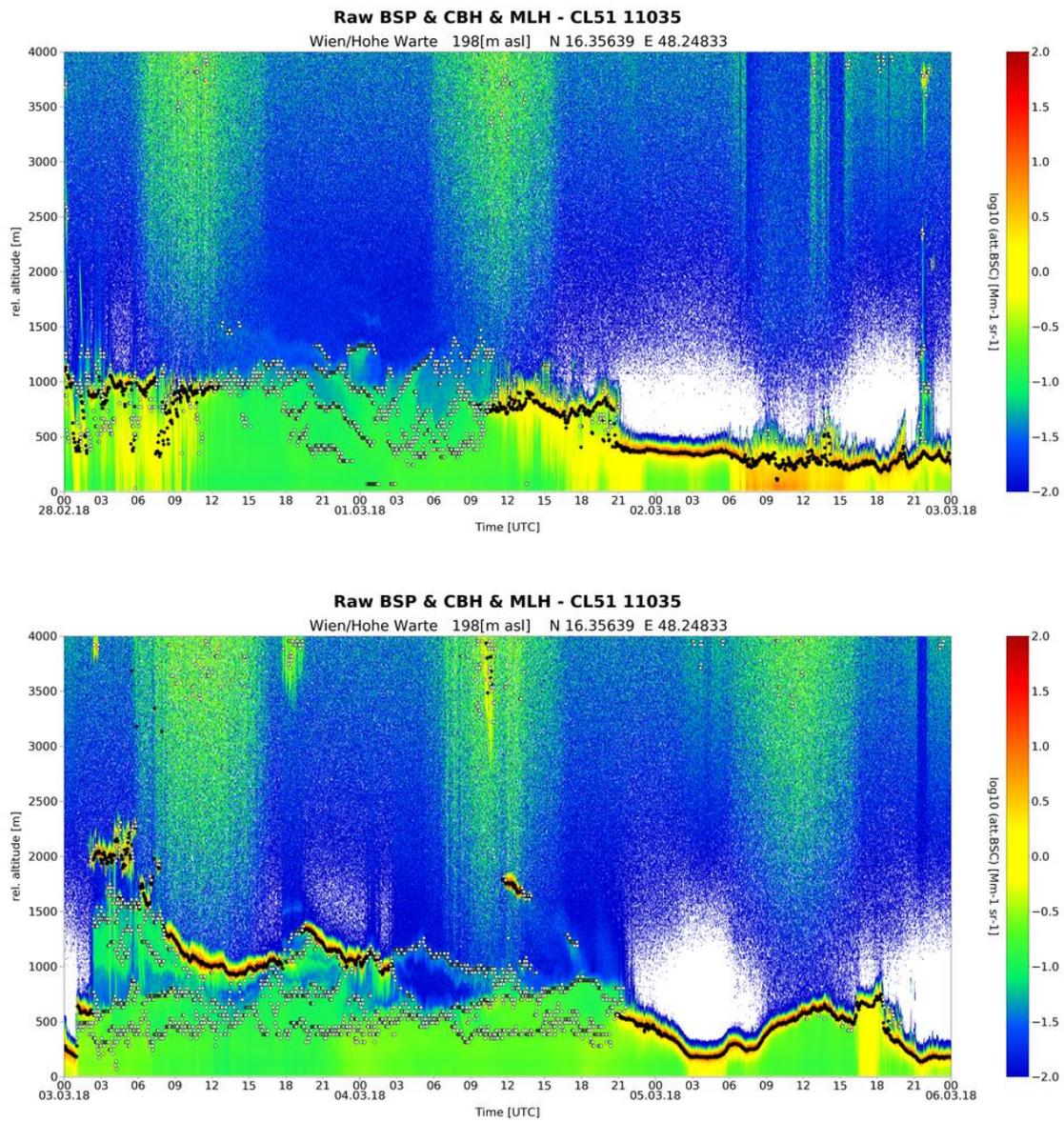


Abbildung 3-51: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Wien Hohe Warte vom 28.2. bis 5.3.2018.

3.4.3 Modellierung

Mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell FLEXPART (Kapitel 2.3) wurde eine Rückwärtsmodellierung durchgeführt, um das potentielle Herkunftsgebiet der erhöhten Feinstaubkonzentrationen eingrenzen zu können. Die Rückwärtsmodellierung wurde für die Überschreitung am 9.2. und am 4.3.2018 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Modellierung für den 9.2. sind in Abbildung 3-52 für das Nordburgenland links und für das Südburgenland rechts dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Gebiete, in welchen sich die Luft in den bodennächsten 100 m befunden hat, bevor sie im jeweiligen Zielgebiet bodennah (etwa 10 m Höhe) am 4.3.2018 im Zeitfenster 0:00 bis 3:00 UTC angekommen ist.

Das QRS-Feld für das Nordburgenland zeigt 42 Stunden vor Ankunft im Nordburgenland, dass sich die Luft nördlich von Österreich, über Tschechien, Polen, Slowakei und der Ukraine befunden hat. Durch die zu dieser Zeit vorherrschende Nordströmung wurden die Luftmassen über Tschechien hinweg in Richtung des Zielgebiets im Nordburgenland transportiert.

Das QRS-Feld für das Südburgenland zeigt am 7.2. 6 UTC eine größere Ausdehnung als das QRS-Feld für das Nordburgenland. Auch der Weg, den die Luft zurücklegte, ist im Vergleich zum Nordburgenland etwas anders. So lag die Luftmasse am 7.2. 18 UTC deutlich weiter westlicher, nämlich über West-Tschechien und dem Südosten Deutschlands. Danach überquerte die Luft von Nordwest kommend Österreich um schließlich am Zielgebiet anzukommen.

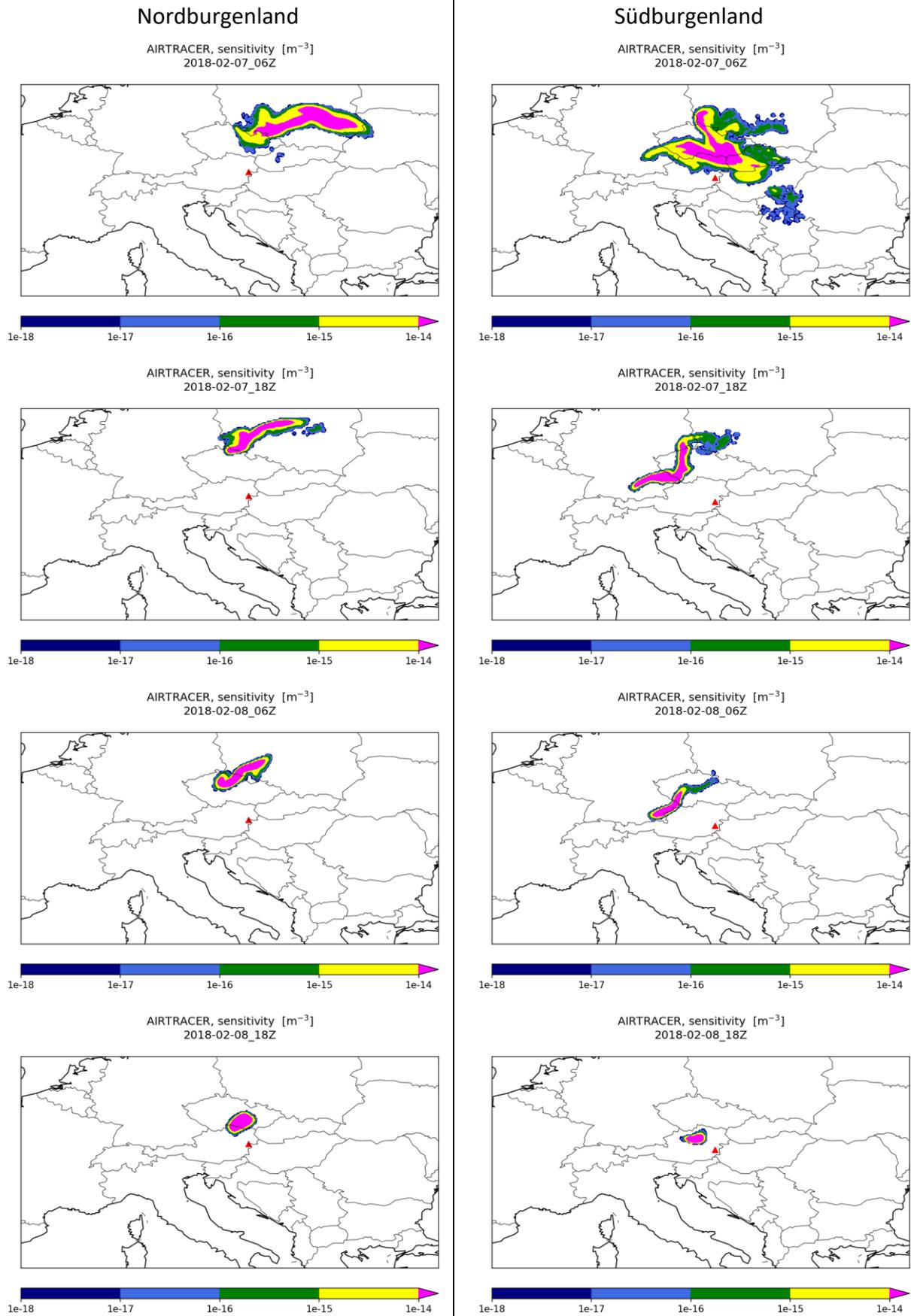


Abbildung 3-52: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 7.2. 6 UTC bis 8.2.2018 18 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 9.2.2018 0:00 bis 3:00 UTC.

Von 1.3. bis 7.3.2018 wurden mehrere Überschreitungen des Grenzwerts im Nord- und Südburgenland gemessen (Abbildung 3-43). Für die Rückwärtsrechnung wurde der 4.3.2018 3:00 bis 6:00 UTC als Ankunftszeit gewählt, da zum einen an diesem Tag der höchste Tagesmittelwert gemessen wurde und zum anderen während dieser 3 Stunden hohe PM10-Stundenmittelwerte aufgetreten sind.

Die QRS-Felder sind in Abbildung 3-53 für das Nordburgenland (links) und für das Südburgenland (rechts) dargestellt. Die Unterschiede in den QRS-Feldern beider Gebiete sind deutlich zu erkennen. Das QRS-Feld für das Nordburgenland am 2.3. 12 UTC zeigt einen kleinräumigen Bereich über dem östlichen Polen und der westlichen Ukraine als Herkunftsgebiet der Luft. Für das Südburgenland wird zu dieser Zeit ein weit ausgedehntes Gebiet von Frankreich, über die Schweiz und Österreich bis in den Süden von Polen gezeigt. Bereiche hoher QRS befinden sich in Nordösterreich und in Tschechien.

Der Grund für die Unterschiede zwischen den QRS-Feldern ist die Windscherung zwischen den Winden in Bodennähe und in der Höhe (vgl. Windrichtungsprofil Radiosonde Hohe Warte, Abbildung 3-50). Ab dem 1.3. wurden unterhalb der Temperaturinversion südöstliche Winde und darüber westliche Winde gemessen. Die Messungen der Radiosonde Wien Hohe Warte sind aufgrund der geographische Nähe und topographischen Ähnlichkeiten auch auf die vertikale Schichtung im Nordburgenland übertragbar. Es ist davon auszugehen, dass auch in Tschechien aufgrund der großräumigen gradientschwachen Wetterlage, ähnliche Schichtungsverhältnisse wie in Nordost-Österreich vorherrschend waren. Die Luftmasse wurde unterhalb der Temperaturinversion durch die nördlichen Winde fortbewegt. Die großräumige stabile Schichtung führte dazu, dass das QRS-Feld auch über weite Strecken hinweg relativ kompakt blieb.

Geographisch unterscheiden sich das Nord- und Südburgenland deutlich voneinander. Während der Norden eher flach ist, ist das südliche Burgenland von den Ausläufern der Alpen geprägt. Dennoch ist davon auszugehen, dass ähnliche Schichtungsverhältnisse wie im Nordburgenland bei derartigen Großwetterlagen, zumindest in den südburgenländischen Tälern, vorherrschend waren. Die bodennahen Windverhältnisse vom Nordburgenland können natürlich allein durch die geographischen Gegebenheiten nicht direkt auf das Südburgenland übertragen werden. Oberhalb der Grenzschicht wurden die Luftmassen in gleicher Weise von Norden in Richtung Nord- und Südburgenland verfrachtet.

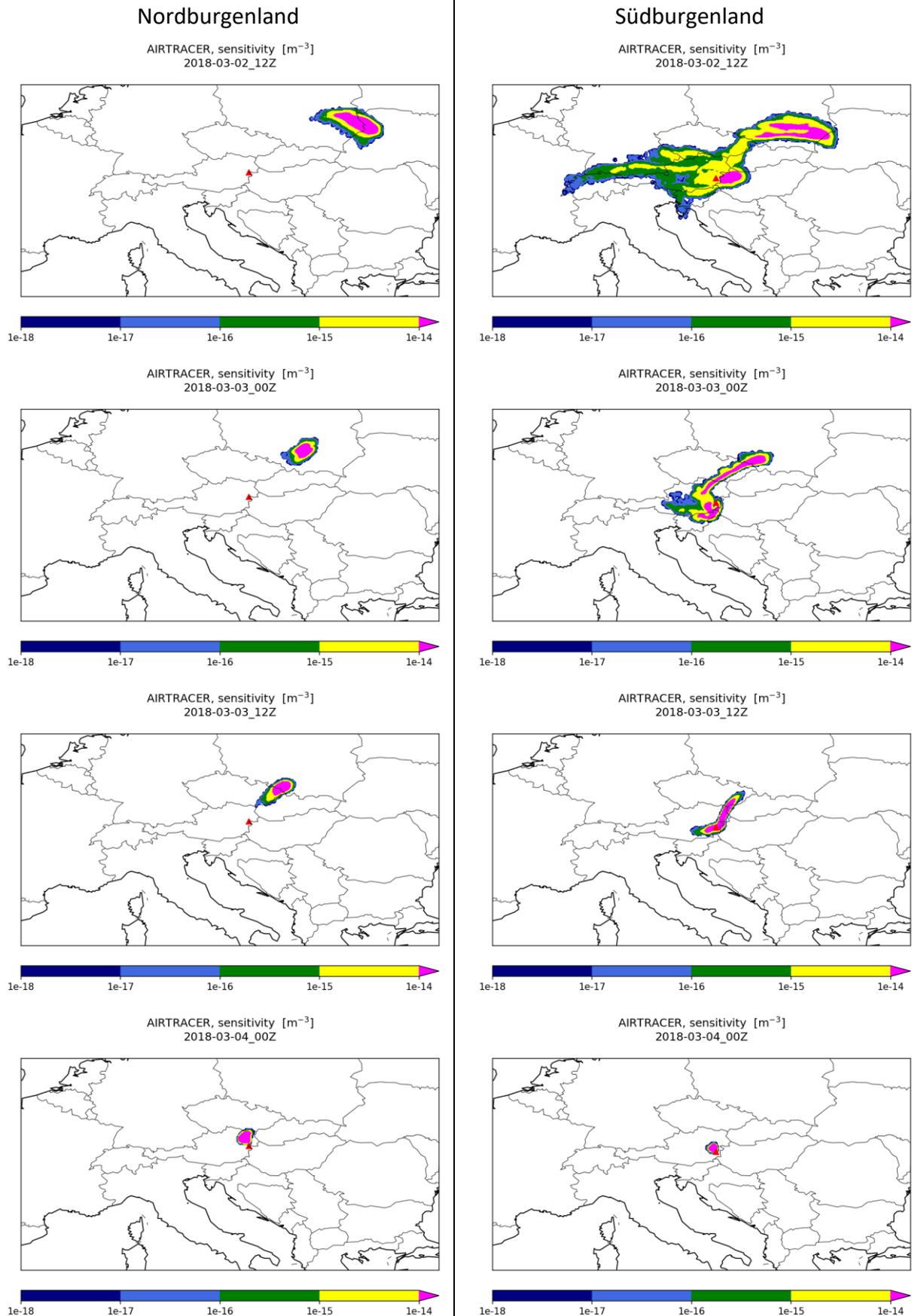


Abbildung 3-53: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 4.3. 0 UTC bis 2.3.2018 12 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 4.3.2018 3:00 bis 6:00 UTC.

3.5 Episode 5: Mitte März bis Ende April 2019

3.5.1 Immissionssituation

In Abbildung 3-54 sind die PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 15.3. bis 29.4.2019 dargestellt.

Ein erster Anstieg der Feinstaubkonzentrationen wurde ab dem 18.3. von allen Luftgütestationen gemessen. Im Nordburgenland stiegen die Werte bis zum 24.3. auf $37,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Eisenstadt). Im Südburgenland (Oberschützen) lag der höchste Wert mit $26,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ etwas niedriger.

Nach einem raschen Rückgang begannen die Feinstaubwerte ab 26.3. wieder langsam zu steigen und erreichten am 3.4. eine kurzzeitige Spitze, wobei die Feinstaubkonzentration während dieser Episode gesamten unterhalb des Grenzwerts blieb. Der höchste Wert wurde am 3.4. in Illmitz mit $38,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Bis zum 6.4. ging die Konzentration kurzzeitig zurück um kurz darauf wieder an allen Stationen anzusteigen. Am 10.4. wurden von allen Stationen erhöhte Feinstaubkonzentrationen gemessen über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Anschließend folgte ein langsamer Rückgang der Feinstaubkonzentration, wobei die Konzentration meist über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ blieb. Eine letzte Spitze in der betrachteten Episode wurde am 26.4. im Nordburgenland verzeichnet. In Kittsee lag die Konzentration mit $49,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ knapp unter dem Grenzwert. Im Südburgenland wurde keine erhöhte Konzentration gemessen.

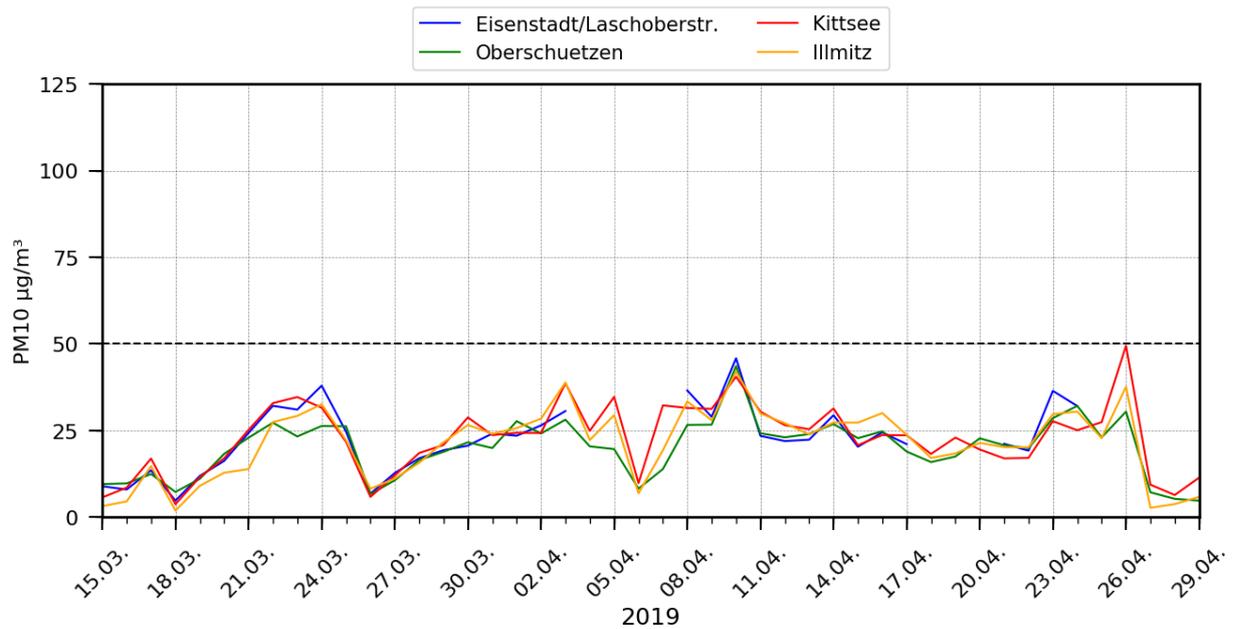


Abbildung 3-54: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen für den Zeitraum 15.3. bis 29.4.2019.

3.5.2 Meteorologie

Nachfolgend sind für das Nordburgenland (Abbildung 3-55) die Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Messungen an den drei nördlichen Luftgütestationen (blauer Bereich) und für das Südburgenland (Abbildung 3-56) die PM10-Tagesmittelwerte der Station Oberschützen dargestellt. Die meteorologischen Messungen stammen von den für die jeweilige Region ausgewählten TAWES-Stationen (Kapitel 2.1). Dargestellt werden die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), die Halbstundenmittelwerte der Windrichtung (rote Punkte) und das 5-Stunden gleitende Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie).

Der betrachtete Zeitraum ist auf zwei Abbildungen aufgeteilt, damit die Darstellung übersichtlicher ist.

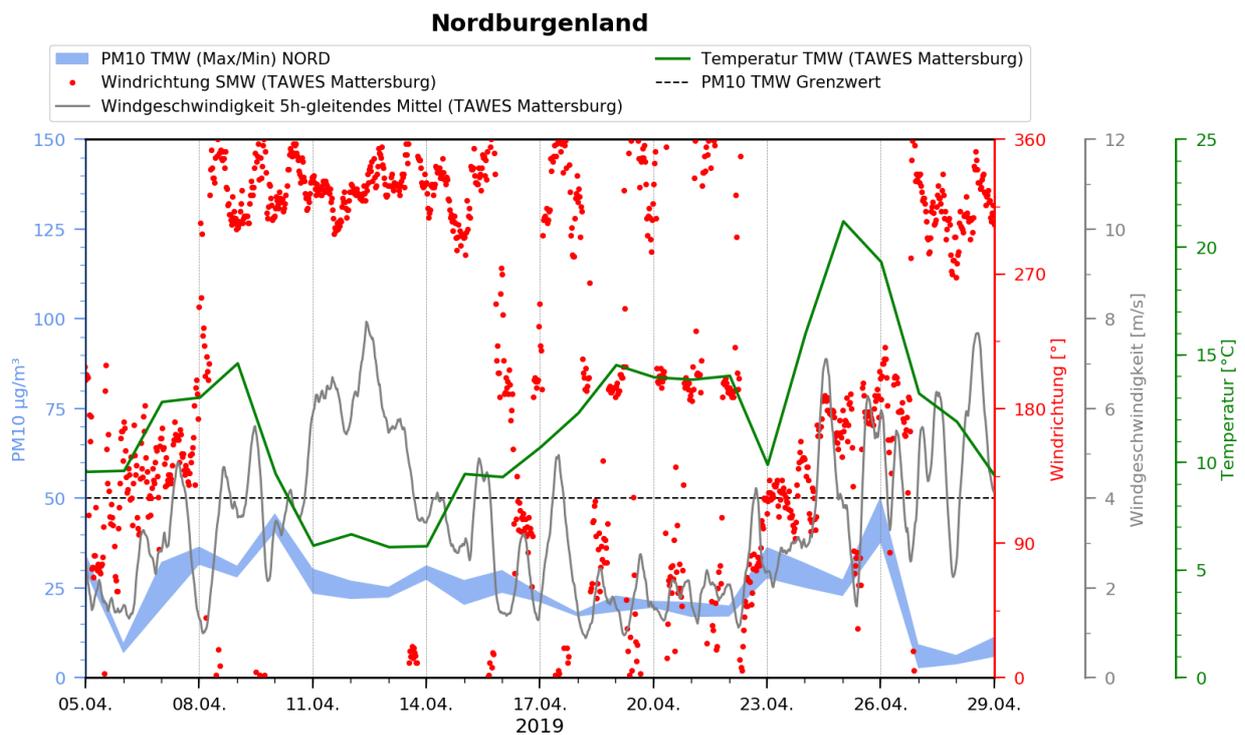
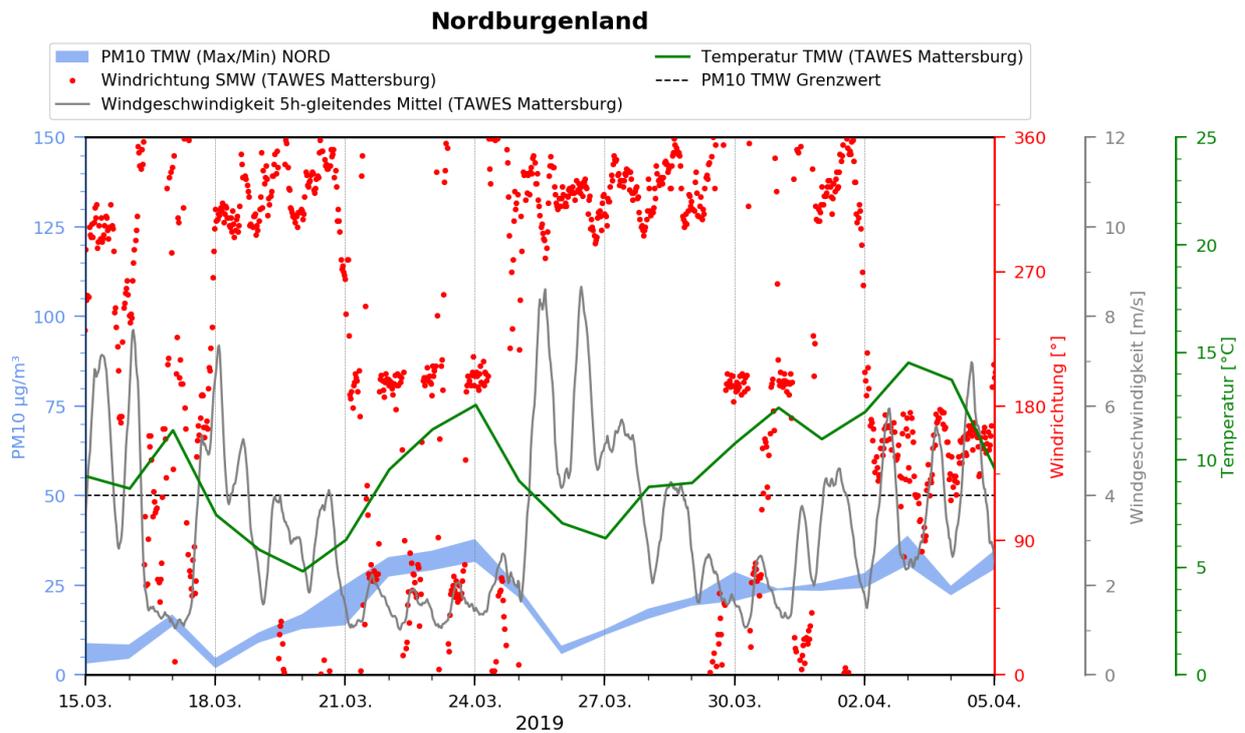


Abbildung 3-55: Spanne zwischen dem maximalen und minimalen Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestationen im Nordburgenland, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Line) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Mattersburg.

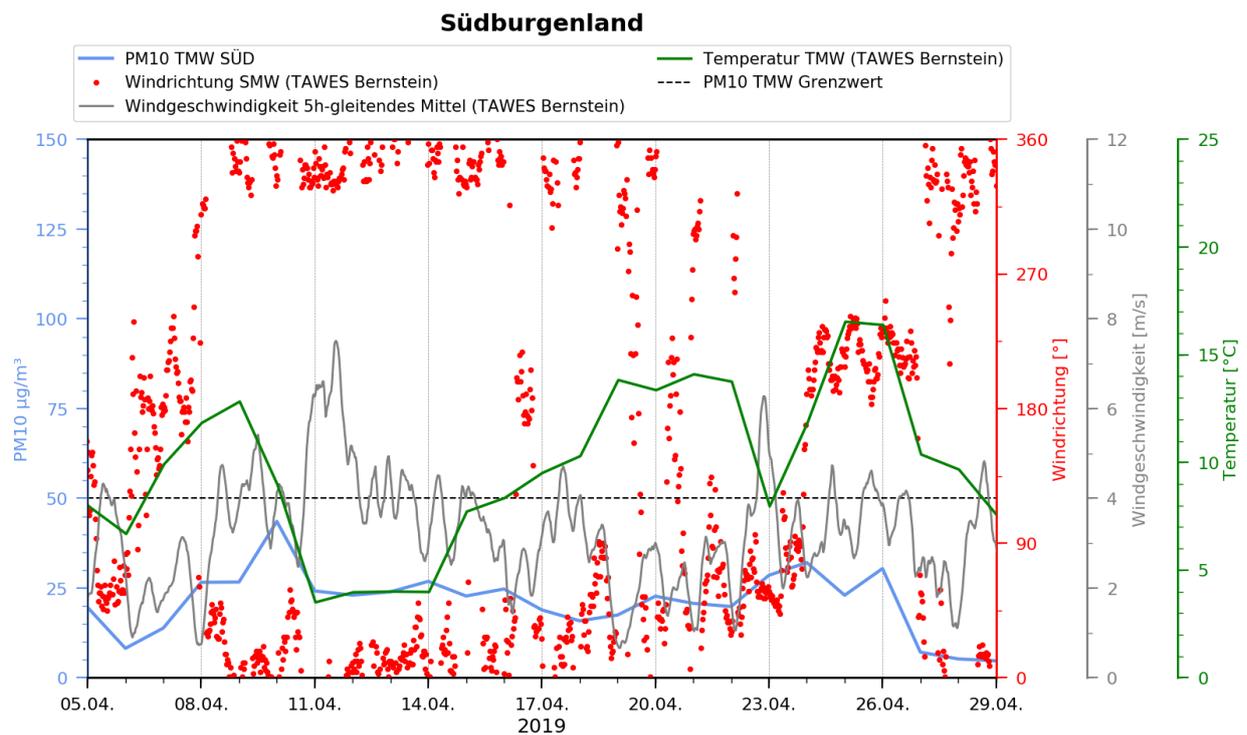
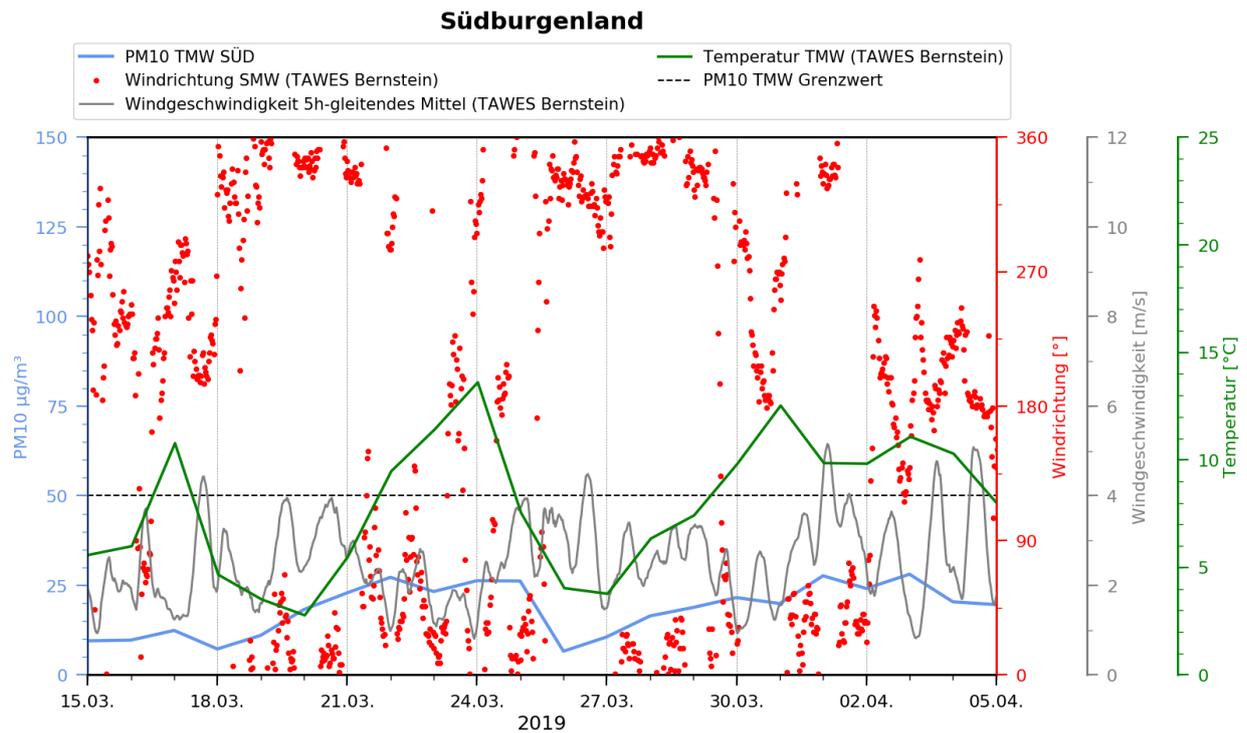


Abbildung 3-56 Tagesmittelwert der PM10-Konzentrationen der Luftgütestation Oberschützen, sowie die Tagesmittelwerte der Temperatur (grüne Linie), 5-Stunden gleitendes Mittel der Windgeschwindigkeit (graue Linie) und Stundenwerte der Windrichtung (rote Punkte) der TAWES Station Bernstein.

Zu Beginn der betrachteten Episode bestimmte ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet mit Kern westlich von Norwegen das Wettergeschehen in Österreich. Mehrere Störungszonen, die gebietsweise länger anhaltenden Niederschlag brachten, sorgten dafür, dass die Feinstaubkonzentration relativ gering blieb. Mit Abzug des Tiefs kam Österreich ab 20.3. in Hochdruckeinfluss mit wolkenlosem Wetter und ansteigenden Temperaturen. In dieser gradientschwachen Lage wurden sowohl am Boden als auch in der Höhe (Abbildung 3-59) sehr niedrige Windgeschwindigkeiten gemessen. Im Nordburgenland wurden Winde aus östlichen und südlichen Richtungen gemessen. Im Südburgenland überwiegen nordöstliche Winde. Die niedrigen Windgeschwindigkeiten gemeinsam mit den nächtlichen Temperaturinversionen (Abbildung 3-57) verhinderten einen Luftmassenaustausch, weshalb sich Aerosole in der bodennächsten Schicht ansammelten. Für diese Fallstudie liegen Messdaten des Ceilometers in Andau vor. Im Rückstreuprofil (Abbildung 3-60) sind die erhöhten Mengen an Aerosolen als grüne Flächen unterhalb der untersten detektieren Aerosolschichtgrenze (weiße Punkte) zu erkennen. Steigt die Höhe der Mischungsschicht im Tagesverlauf an, so nimmt die Aerosolkonzentration entsprechend durch Verdünnung ab, die Rückstreuintensitäten sinken insbesondere im oberen Bereich der Mischungsschicht (von grün bis blau). Die zeitlich unveränderlichen helleren Schattierungen zwischen 1600 m und 2400 m über Grund in den Rückstreuprofilen sind für diesen Gerätetyp typische Artefakte.

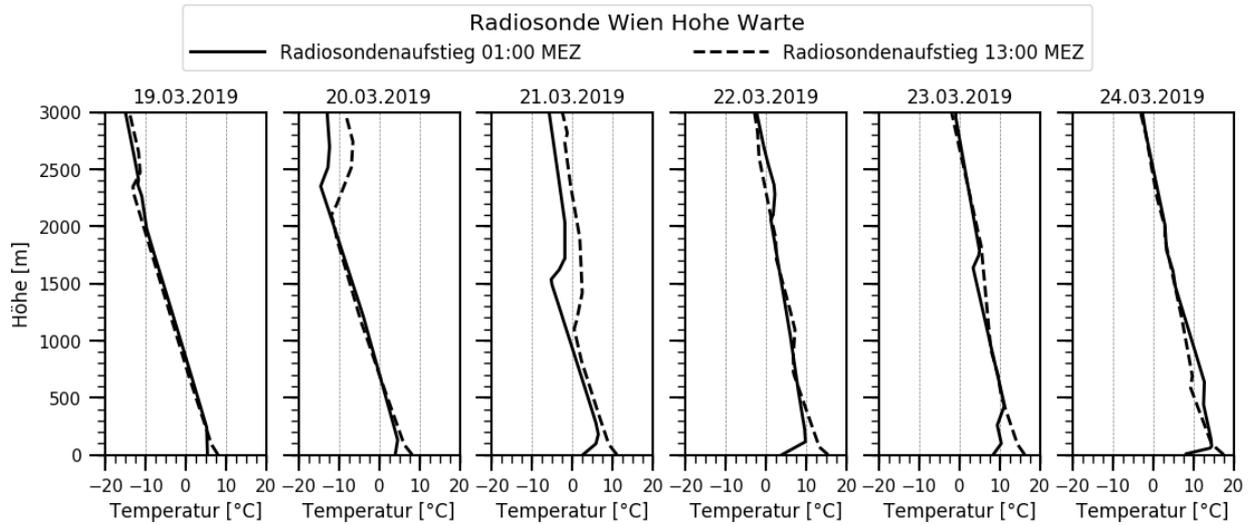


Abbildung 3-57: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 19.3. bis 24.3.2019.

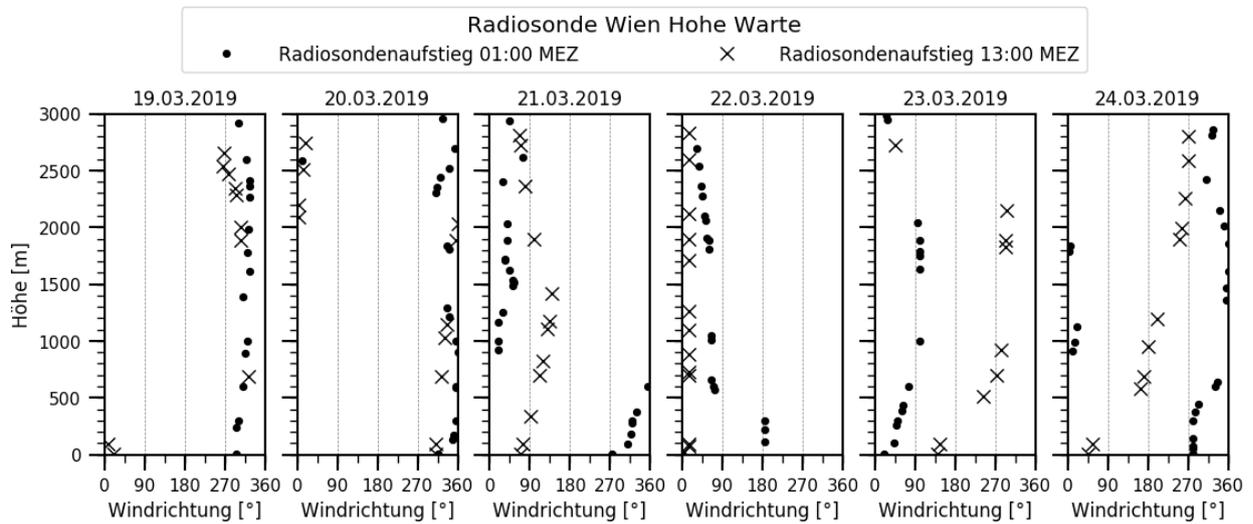


Abbildung 3-58: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 19.3. bis 24.3.2019.

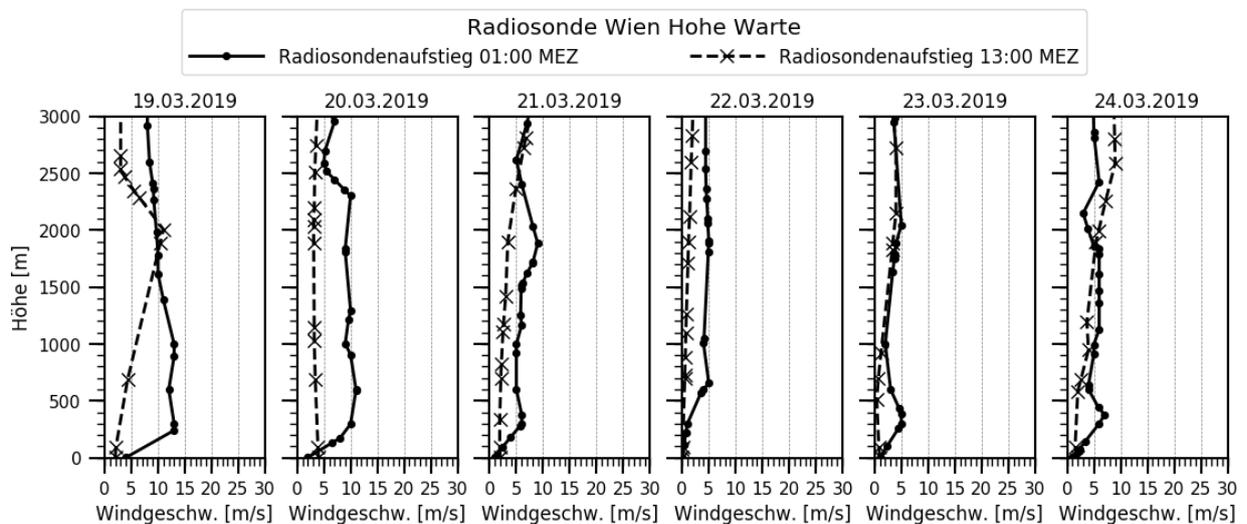


Abbildung 3-59: Windgeschwindigkeitsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 19.3. bis 24.3.2019.

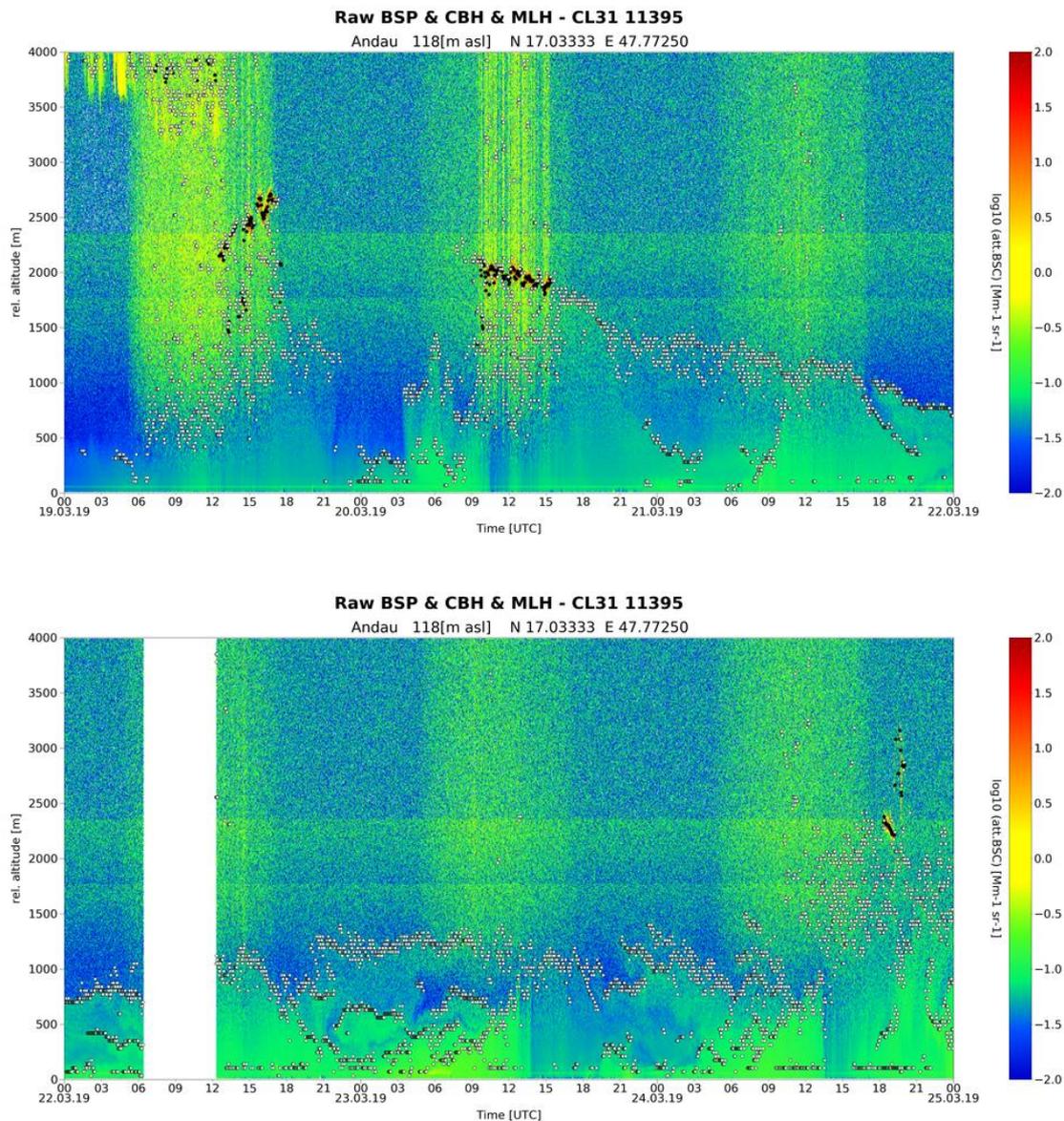


Abbildung 3-60: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Andau vom 19.3. bis 24.3.2019.

Das wetterbestimmende Hochdruckgebiet wurde von einem Tiefdruckgebiet nach Osten verdrängt. Am 25.3. bedingte das zum Tief gehörige Frontensystem großräumige Niederschläge in Österreich, was zu einem Rückgang der Feinstaubkonzentration führte. Tags darauf wurde das Tiefdruckgebiet von einem ausgedehnten Hochdruckgebiet über dem Atlantik weiter nach Osten abgedrängt, wodurch sich eine ausgeprägte Nordströmung in Österreich einstellte. Im Burgenland gingen die Temperaturen deutlich zurück. Im Nordburgenland wurden hohe Windgeschwindigkeiten gemessen. Im Südburgenland zeigte sich eine etwas schwächere Nordströmung.

Mit dem Vorrücken des Hochdruckgebiets in Richtung Zentraleuropa beruhigte sich das Wettergeschehen in Österreich. Die Windgeschwindigkeit ging zurück und die Temperaturen

stiegen. Der Wind drehte durch die Annäherung eines Tiefdruckgebiets ab 2.4. von vorher nördlichen Richtungen bodennahe auf südöstliche bzw. südliche Richtungen in der Höhe (Abbildung 3-62). In der stabil geschichteten Grenzschicht (Abbildung 3-61) sammelten sich vermehrt Aerosole an, was zu einem Anstieg der Feinstaubkonzentrationen führte. Am 3.4. wurde daher im Nordburgenland eine erhöhte Feinstaubkonzentration gemessen. Im Südburgenland blieb die Feinstaubkonzentration während dieser Zeit relativ konstant niedrig.

Der einsetzende Niederschlag, ersichtlich als gelbe „Streifen“ in den Rückstreuprofilen des Ceilometers (Abbildung 3-63) führte im Laufe des 5.4. zu einem Rückgang der Feinstaubkonzentrationen.

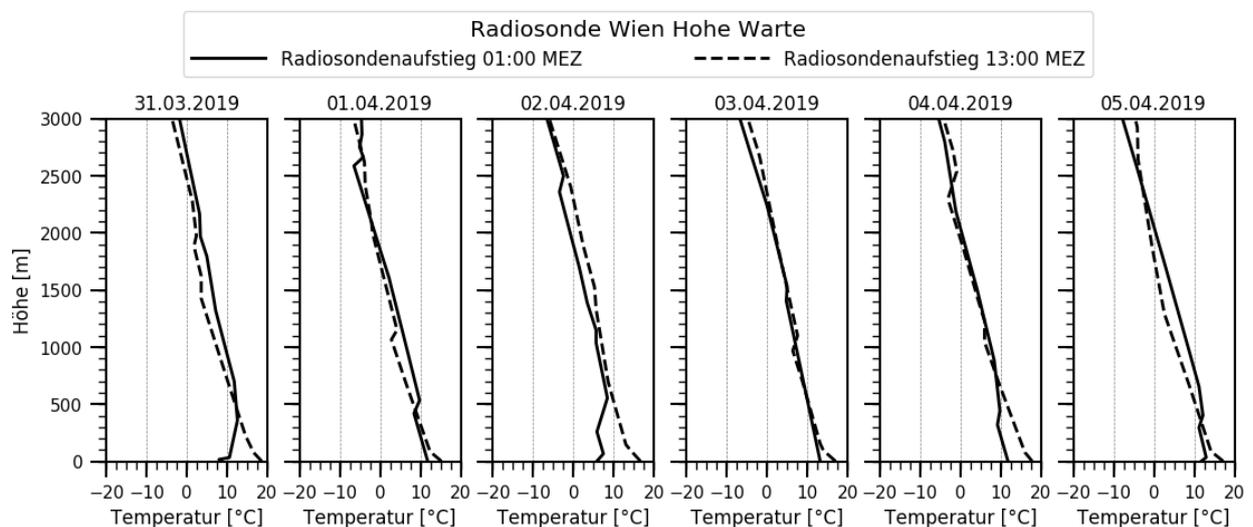


Abbildung 3-61: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 31.3. bis 5.4.2019.

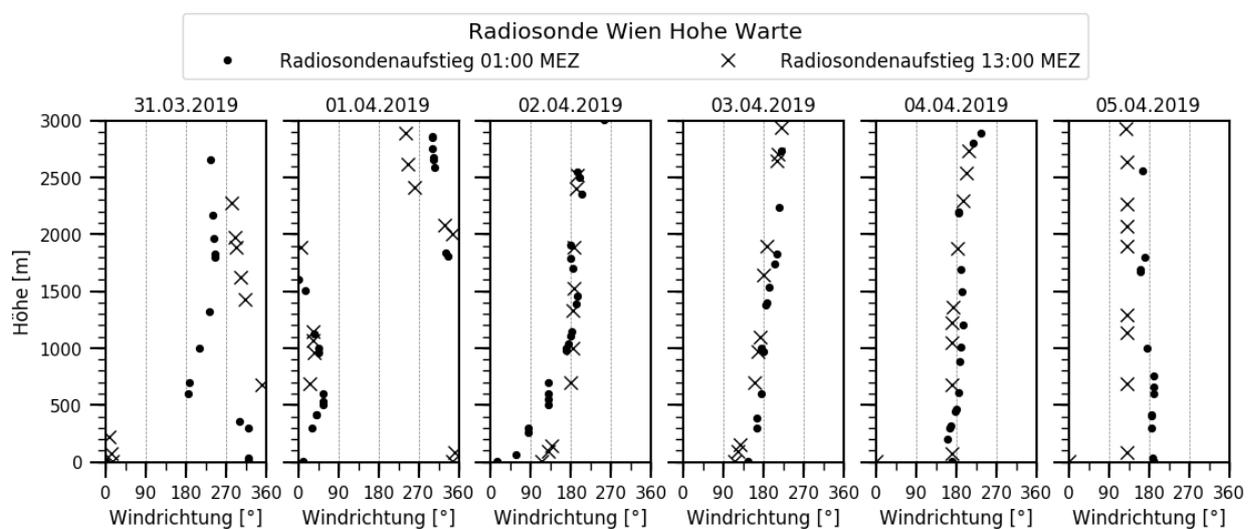


Abbildung 3-62: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 31.3. bis 5.4.2019.

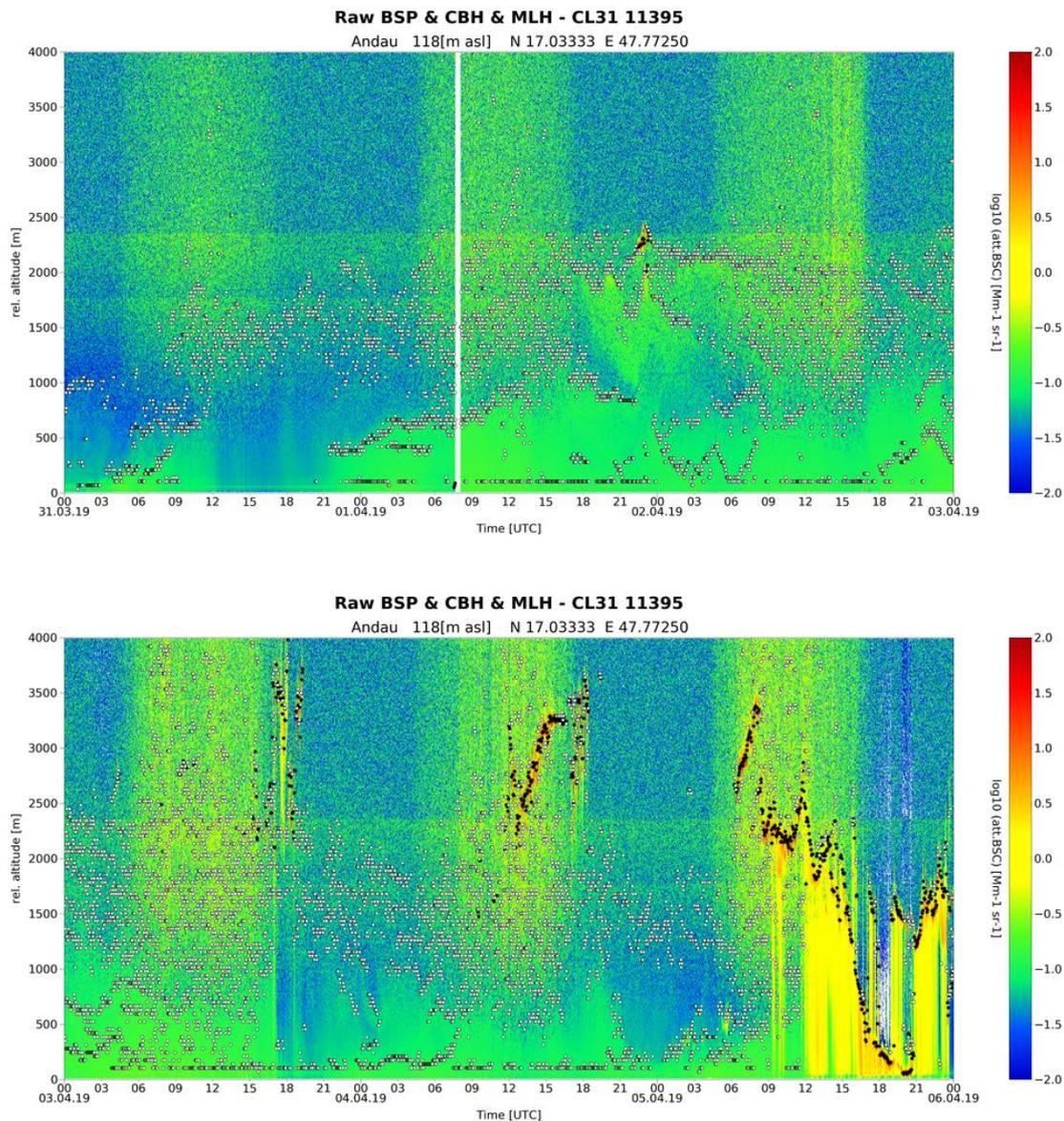


Abbildung 3-63: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Andau vom 31.3. bis 3.4.2019.

Mit dem Abzug des Tiefdruckgebiets stellte sich ab 6.4. vorübergehend ruhiges Wetter ein. In Ostösterreich war es sonnig und niederschlagsfrei. Der Wind kam im Nordburgenland vorwiegend aus südöstlichen Richtungen, im Südburgenland eher aus südlichen Richtungen. Die Windgeschwindigkeit war bis in große Höhen relativ gering (Abbildung 3-66). Ab 8.4. drehte die Höhenströmung aufgrund eines sich nähernden Tiefdruckgebiets auf nördliche Richtungen (Abbildung 3-65). Die Temperaturen im Burgenland fielen rasch. Während dieser Zeit wurde ein Anstieg der Feinstaubkonzentrationen beobachtet. In den Rückstreuprofilen des Ceilometers zeigt sich die erhöhte Feinstaubkonzentration durch die grünen Flächen unterhalb der detektierten Aerosolschichten (Abbildung 3-67). Durch einsetzenden Niederschlag ging die Feinstaubkonzentration ab dem 10.4. wieder zurück.

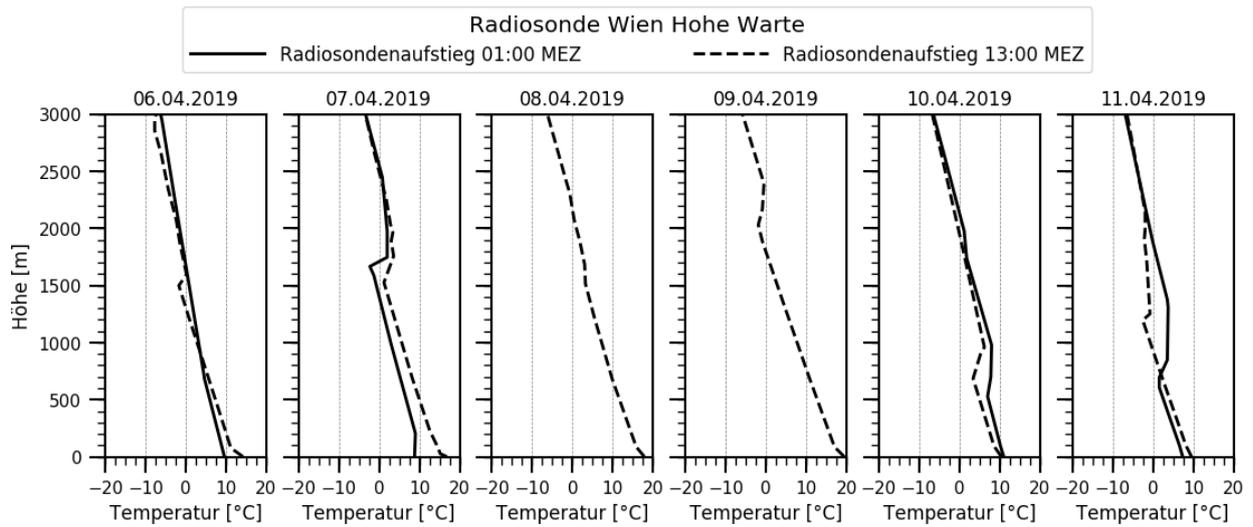


Abbildung 3-64: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 6.4. bis 11.4.2019.

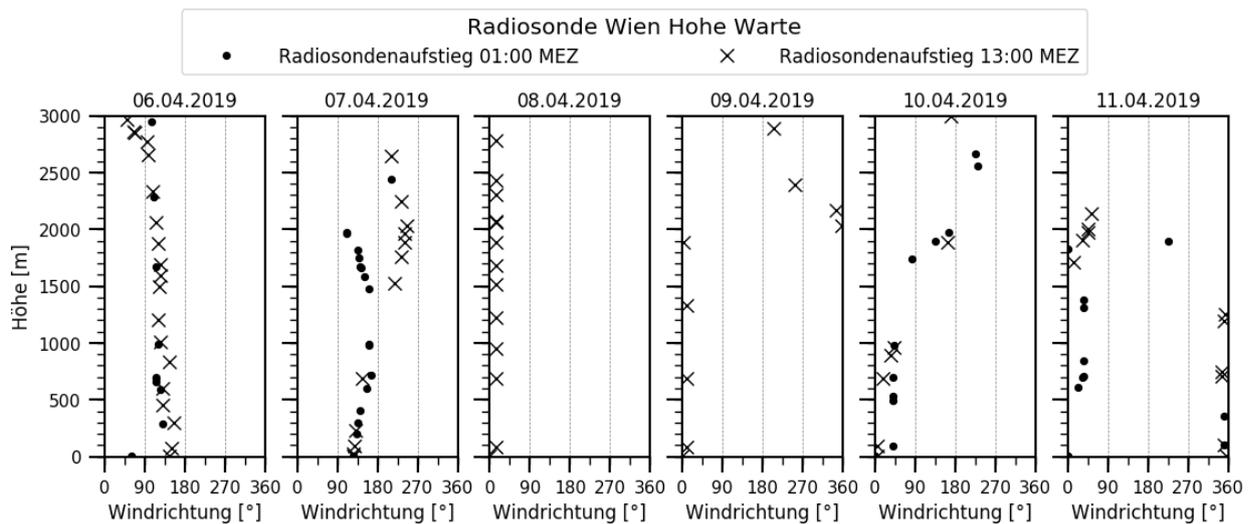


Abbildung 3-65: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 6.4. bis 11.4.2019.

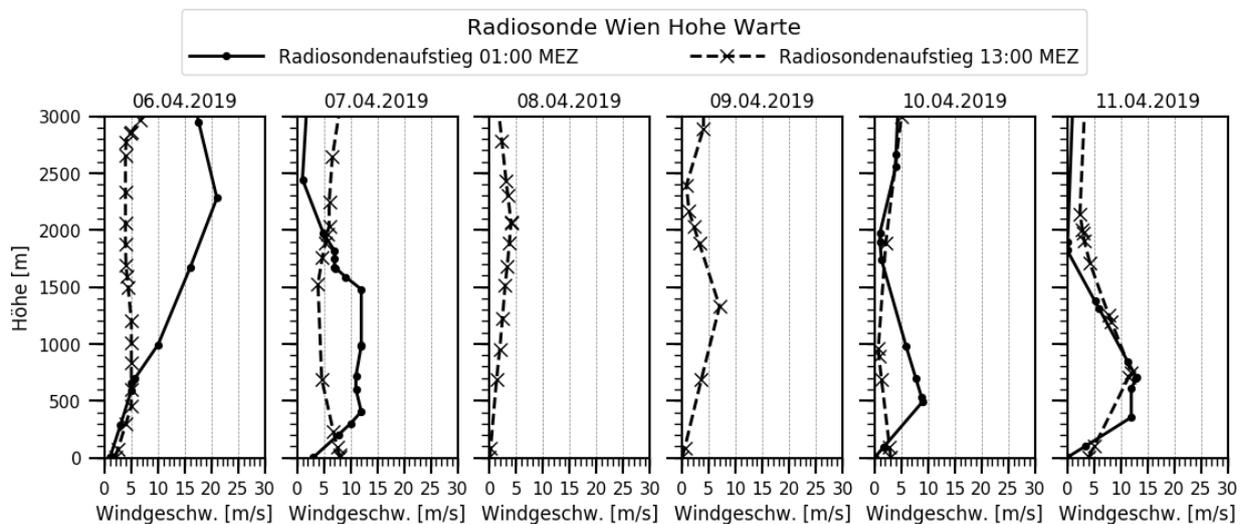


Abbildung 3-66: Windgeschwindigkeitsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 6.4. bis 11.4.2019.

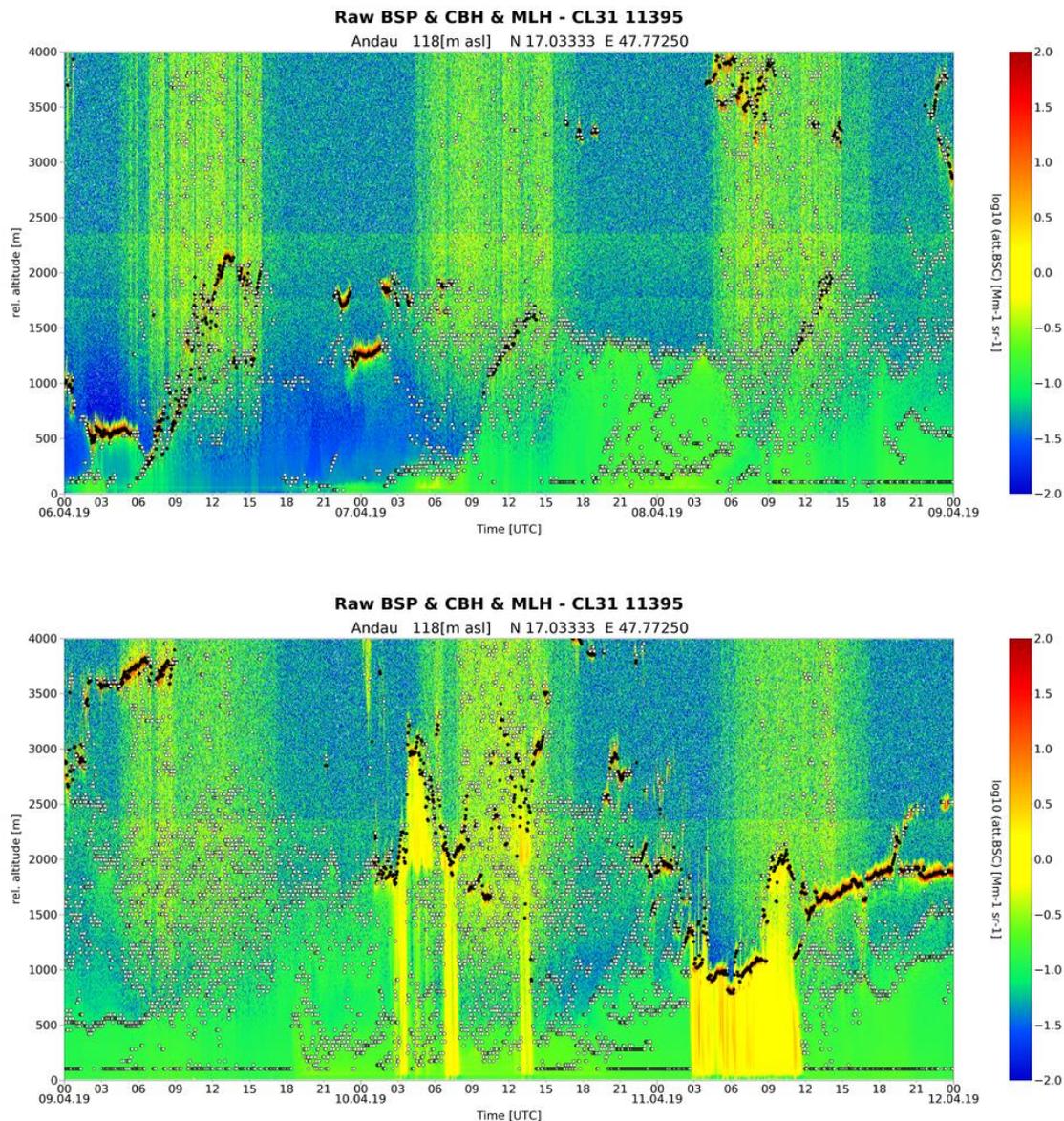


Abbildung 3-67: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Andau vom 6.4. bis 11.4.2019.

Bis zum 22.4 blieb die Feinstaubkonzentration im Nord- und Südburgenland auf einem relativ konstanten Level. Das Wettergeschehen wurde vor allem durch ein Hochdruckgebiet über Fennoskandien bestimmt, welches bis zum 15.4. kalte Luftmassen nach Österreich transportierte. Danach machte sich ein Hochdruckgebiet über West- und Mitteleuropa breit, welches für sonniges Wetter in Österreich sorgte. Am 23.4. bedingte ein Tiefdruckgebiet über dem westlichen Mittelmeer Niederschläge im östlichen Flachland (gelbe Streifen im Rückstreudiagramm der Ceilometer in Andau und Eisenstadt, Abbildung 3-70 bzw. Abbildung 3-71). Ab dem 24.5. war es in Ostösterreich vermehrt sonnig. Der Wind kam im Nordburgenland aus östlichen bzw. südöstlichen Richtungen. Im Südburgenland wurden Winde

aus südwestlichen Richtungen gemessen. Von der Radiosonde wurden fast ausschließlich Winde aus südöstlichen Richtungen gemessen (Abbildung 3-69). Durch die Advektion von wärmeren Luftmassen stieg die Temperatur rasch an. Am 26.4. wurde eine Spitze in den Feinstaubkonzentrationen von allen Stationen im Nordburgenland gemessen. Die Rückstreudiagramme der Ceilometer Eisenstadt bzw. Andau (Abbildung 3-70 bzw. Abbildung 3-71) zeigen am 26.4. erhöhte Rückstreuintensitäten mit sehr hohen (grünen) Rückstreuintensitäten bereits innerhalb der untersten 100 m über Grund. Die Rückstreuintensitäten aus den darüber liegenden Bereichen der atmosphärischen Grenzschicht weisen an diesem Tag eine hohe Variabilität bei relativ hohen Werten auf, wodurch die automatische Detektionsroutine in diesem Fall sehr viele Obergrenzen von Aerosolschichten (dargestellt als weiße Punkte) liefert. Dieses Ergebnis kann jedenfalls so interpretiert werden, dass sich hier größere Mengen an Aerosolen in der Grenzschicht angesammelt haben. Am 27.4. wurde die bodennahe Luftschicht durch eine Kaltfront ausgeräumt, was sich in den bodennahen blauen Bereichen in den Abbildungen widerspiegelt.

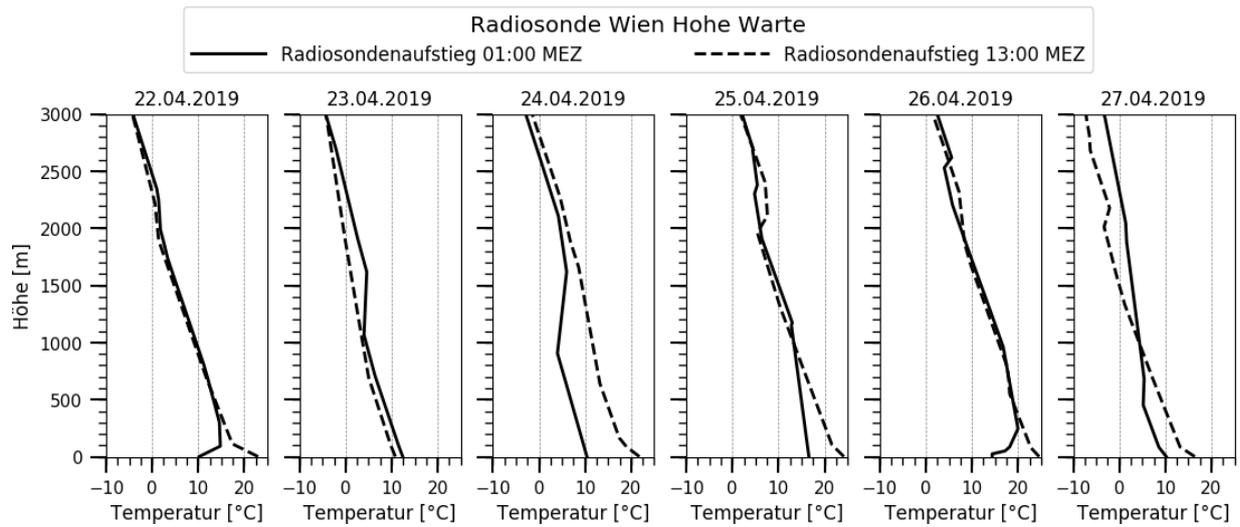


Abbildung 3-68: Temperaturprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 22.4. bis 27.4.2019.

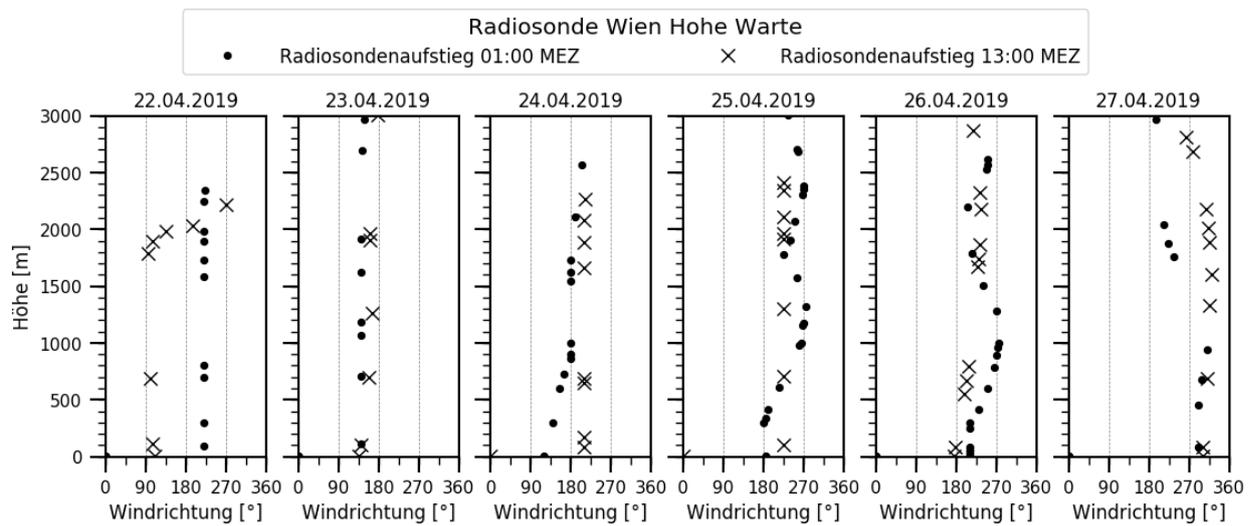


Abbildung 3-69: Windrichtungsprofile der Radiosonde in Wien Hohe Warte von 22.4. bis 27.4.2019.

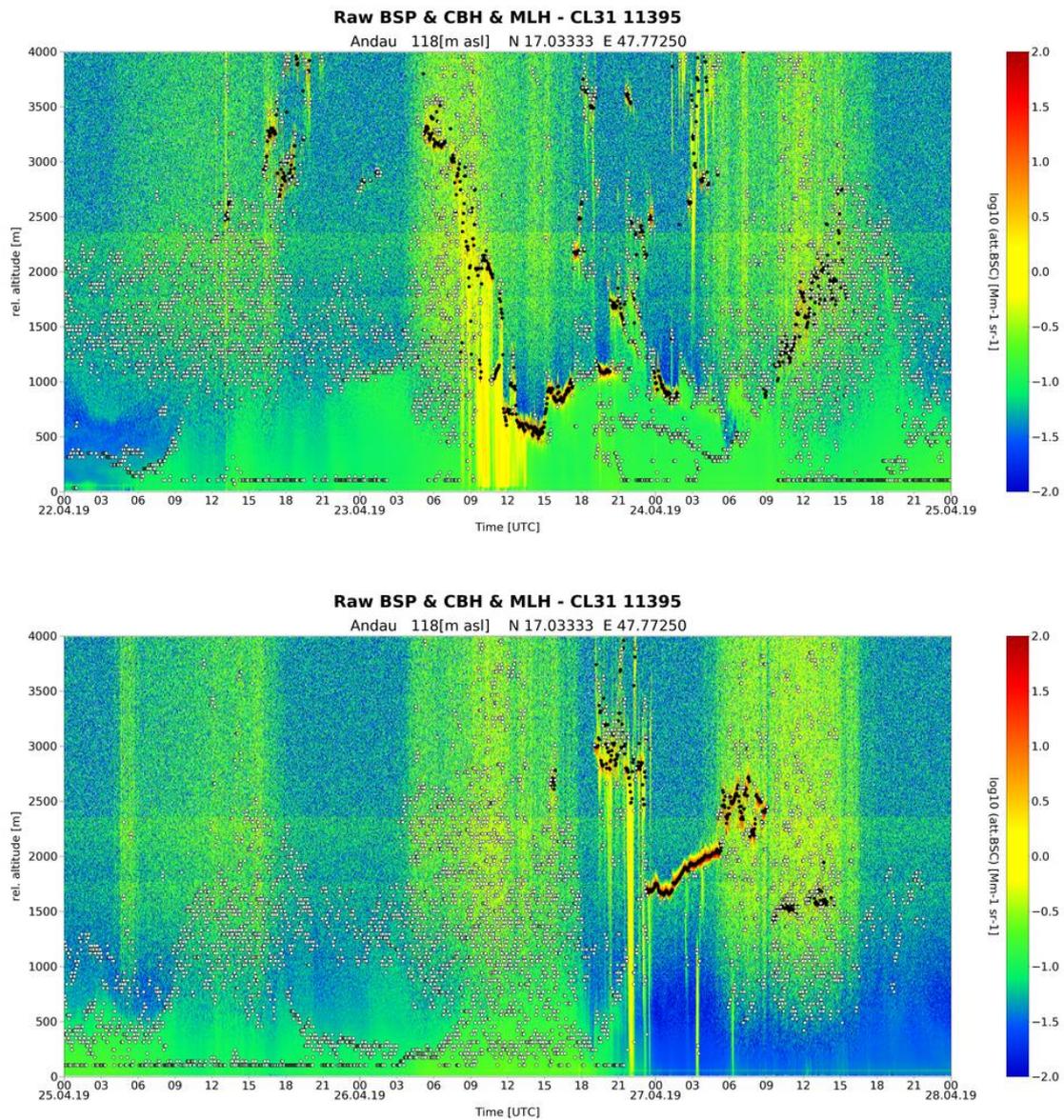


Abbildung 3-70: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Andau vom 22.4. bis 27.4.2019.

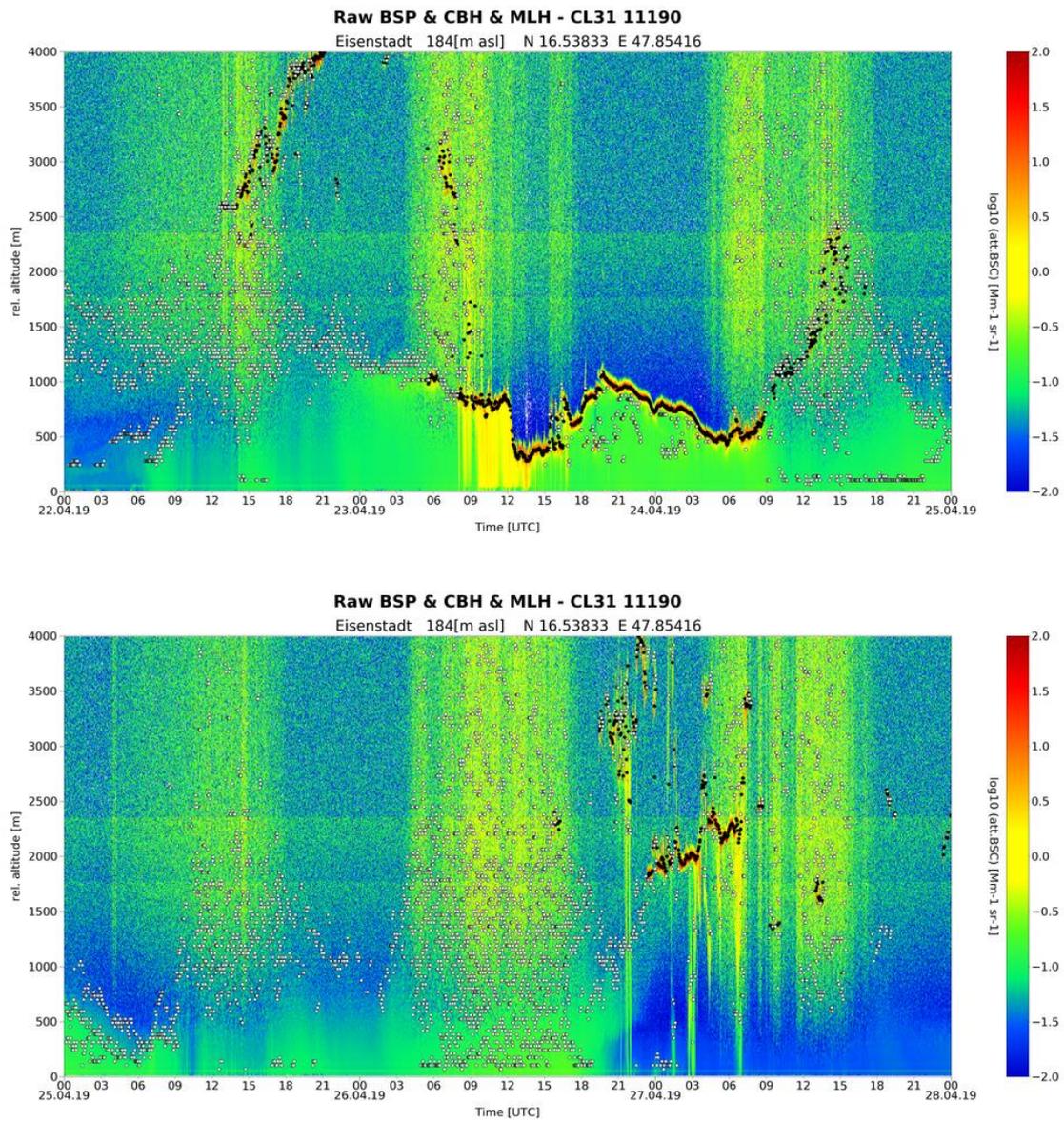


Abbildung 3-71: Rückstreuintensitäten des Ceilometers in Eisenstadt vom 22.4. bis 27.4.2019.

3.5.3 Modellierung

Mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell FLEXPART (Kapitel 2.3) wurde eine Rückwärtsmodellierung durchgeführt, um das potentielle Herkunftsgebiet der erhöhten Feinstaubkonzentrationen eingrenzen zu können. Die Rückwärtsmodellierung wurde für die erhöhten Feinstaubkonzentrationen am 3.4. und am 10.4.2019 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Modellierung für den 3.4.2019 sind in Abbildung 3-72 für das Nordburgenland links und für das Südburgenland rechts dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Gebiete, in welchen sich die Luft in den bodennächsten 100 m befunden hat, bevor sie im jeweiligen Zielgebiet bodennah (etwa 10 m Höhe) am 3.4.2019 im Zeitfenster 9:00 bis 12:00 UTC angekommen ist.

Die QRS-Felder für das Nord- und Südburgenland zeigen Herkunftsgebiete südlich von Österreich. Am 1.4. 18 UTC liegen die Bereiche mit hoher QRS (gelbe und rosa Flächen) von Italien, über die Adria bis nach Serbien.

Bis 12 Stunden (2.4. 18 UTC) vor Ankunft im Nordburgenland lag die Luft weiterhin über Gebieten zwischen Kroatien und Serbien. Auch die QRS-Felder für das Südburgenland zeigen ein nur langsames vorankommen der Luftmassen, Bereiche hoher QRS sind in Slowenien und an der östlichen Adriaküste zu finden.

Die Luft zog anschließend in Richtung Norden um am 3.4. im Nord- und Südburgenland anzukommen.

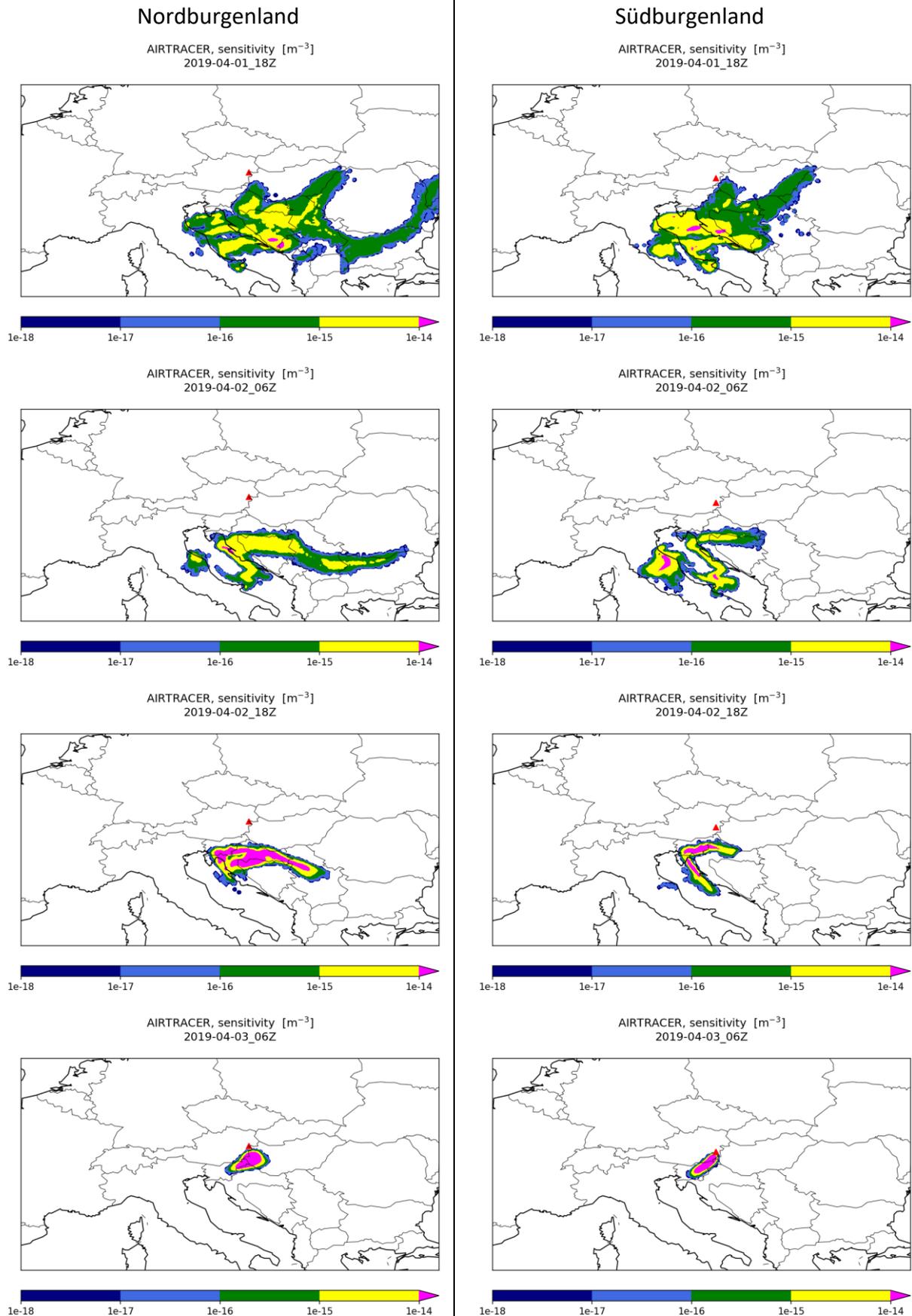


Abbildung 3-72: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 1.4. 18 UTC bis 3.4.2019 6 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 3.4.2019 9:00 bis 12:00 UTC.

Für die erhöhten Feinstaubkonzentrationen vom 10.4. wurde als Ankunftszeit für die Rückwärtsrechnung das Zeitfenster von 12:00 bis 15:00 UTC ausgewählt, da in dieser Zeit erhöhte PM10-Stundenmittelwerte gemessen wurden.

Die QRS-Felder für das Nord- und Südburgenland zeigen ähnliche Herkunftsgebiete nordwestlich von Österreich. 2 Tage vor Ankunft in den Zielgebieten lag die Luft über Teilen von Polen, Slowakei, Weißrussland und der Ukraine.

Durch die nördliche bis nordöstliche Strömung (vgl. Windrichtungsprofile der Radiosonde Wien Hohe Warte, Abbildung 3-65) wurden die Luftmassen über die Slowakei und Teilen von Tschechien hinweg in Richtung der Zielgebiete im Nord- und Südburgenland transportiert.

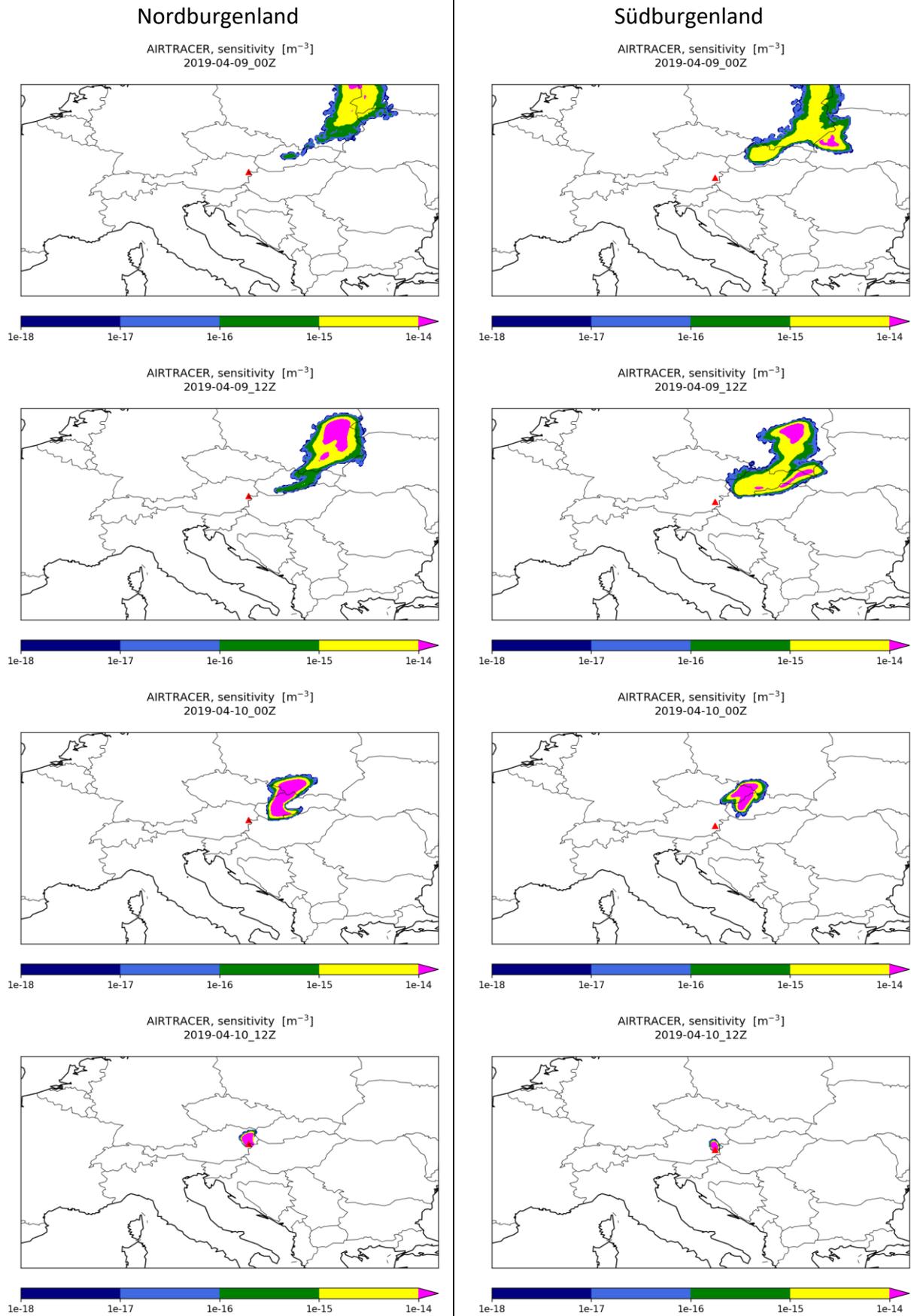


Abbildung 3-73: QRS-Felder (Quell-Rezeptor-Sensitivität) berechnet mit FLEXPART, Herkunftsgebiete der Luft von 9.4. 0 UTC bis 10.4.2019 12 UTC, alle 12 Stunden für das Nordburgenland (links) und Südburgenland (rechts). Startzeitfenster der Rückwärtsrechnung: 10.4.2019 12:00 bis 15:00 UTC.

4 Zusammenfassung

Für die 2. Phase der Evaluierung wurden gemeinsam mit der Auftraggeberin fünf Feinstaubepisoden (zwei in Wintermonaten, eine im August und zwei im Frühjahr) ausgewählt, welche detailliert untersucht wurden. Die Analyse beinhaltet die Darstellung der gemessenen Feinstaubbelastung, die Beschreibung der meteorologischen Situation sowie der groß- und kleinräumigen Ausbreitungsbedingungen. Für Herkunftsanalysen wurden Rückwärtsrechnungen mit dem Ausbreitungsmodell FLEXPART durchgeführt, um Herkunftsgebiete eines Beitrags durch Ferntransport von sekundären Aerosolen zu lokalisieren.

Die meteorologische Situation während der ausgewählten Episoden wurde mit Hilfe von TAWES-Messungen, Radiosondendaten und Ceilometermessungen analysiert.

Die Analyse zeigt ähnlich wie in einer zuvor für das Land Niederösterreich durchgeführten Studie (ZAMG, 2018), dass in den Feinstaubepisoden im Winter typischerweise Hochdruckgebiete über Nord- oder Osteuropa das Wettergeschehen beeinflussten. Innerhalb der kalten, windarmen Luftmassen unterbinden ausgeprägte Temperaturinversionen über mehrere Tage den vertikalen Austausch. Aufgrund der niedrigen Temperaturen steigen die Emissionen durch Hausbrand sowie durch den Einsatz von Streumitteln im Straßendienst in Österreich und in den Nachbarländern deutlich an. Unterhalb der Temperaturinversion, welche den vertikalen Austausch der Luft verhindert, sammeln sich Aerosole in der bodennahen Grenzschicht an. Auch sekundäre Aerosole werden in der sich nur langsam verlagernden, gering durchmischten Luftmasse gebildet und erreichen aus den östlich und südlich angrenzenden Nachbarländern das Burgenland.

Im Sommer ist die Feinstaubkonzentration üblicherweise deutlich geringer als im Winter. Typischerweise herrschen im Sommer konvektive Wetterlagen, die für eine verstärkte Durchmischung der Luftmassen sorgen und die Schadstoffe in der rund 2 bis 2,5 km hoch reichenden Grenzschicht verdünnen.

In der betrachteten Sommerepisode ist jedoch ein allmählicher Anstieg der Feinstaubkonzentrationen über einige Tage im Burgenland erkennbar. Während einer anhaltenden Hochdrucklage mit niedrigen Windgeschwindigkeiten und trockenen, heißen Witterungsbedingungen sammelte sich Feinstaub langsam in der Grenzschicht über dem Burgenland an. Hinzu kam, wie die Herkunftsanalyse zeigte, vermutlich auch ein Transport von Feinstaub aus den östlichen und südöstlichen Nachbarländern.

Für eine Untersuchung der Wirksamkeit von Feinstaubreduzierenden Maßnahmen im Burgenland sind jene Episoden nicht geeignet, in welchen ein wesentlicher Anteil der Feinstaubbelastung durch großräumigen Transport hervorgerufen wurden.

Um Maßnahmen in den Sommermonaten zu untersuchen, wären die erhöhten Feinstaubkonzentrationen am 13. bis 15.8.2015 besonders geeignet. In diesem Zeitraum lagen die Feinstaubmessungen knapp unter dem Grenzwert. Für diese Situation kann anhand von Modellrechnungen gezeigt werden, ob Maßnahmen erfolgreich eine Überschreitung des Grenzwertes verhindert haben.

Für eine Untersuchung der Maßnahmenwirksamkeit bei winterlichen Bedingungen sind jene Feinstaubepisoden geeignet, in welchen die Windgeschwindigkeiten im Burgenland sehr gering waren und die stabile Luftmasse über einige Zeit in diesem Raum verweilt ist, beispielsweise 19.12.2016, 16.2.2017 oder 10.4.2019.

Zentralanstalt für Meteorologie
und Geodynamik



Mag. Claudia Flandorfer (Gutachterin)



Dr. Kathrin Baumann-Stanzer (Prüferin)

5 Literatur und Quellen

- Auer et al. (2007): HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region 1760–2003, *Int. J. Climatol.*, 27, 17–46, doi:10.1002/joc.1377
- Baumann-Stanzer, K., Greilinger, M., Kasper-Giebl, A., Flandorfer, C., Hieden, A., Lotteraner, C., Ortner, M., Vergeiner, J., Schauer, G., Piringer, M., 2019: Evaluation of WRF-Chem Model Forecasts of a Prolonged Sahara Dust Episode over the Eastern Alps. *Aerosol and Air Quality Research* 19, 1226-1240, DOI: 10.4209/aaqr.2018.03.0116
- Chimani et al. (2013): A new high resolution absolute temperature grid for the Greater Alpine Region back to 1780, *Int. J. Climatol.*, 33, 2129–2141, doi:10.1002/joc.3574
- Hiebl and Frei (2016): Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability, *Theor. Appl. Climatol.*, 124, 161, doi:10.1007/s00704-015-1411-4
- IG-L Maßnahmenkatalog 2016 (LGBl. Nr. 2/2017): Verordnung des Landeshauptmannes von Burgenland vom 12. Jänner 2017, mit der Maßnahmen zur Verringerung der Immission des Luftschadstoffes PM10 nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft getroffen werden (IG-L Maßnahmenkatalog 2016) [CELEX Nr. 31996L0062, 31999L0030, 32000L0069, 32004L0107, 32008L0050]
- Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L, 2010): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden. BGBl. I Nr. 115/1997 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 77/2010.
- ZAMG, 2018: Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 2. Bericht im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung BD4 Anlagentechnik.
- ZAMG, 2020: Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 1. Bericht im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 4 - Ländliche Entwicklung, Agrarwesen und Naturschutz, Hauptreferat - Natur-, Klima- und Umweltschutz.