



ZAMG

Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK

Teilrechtsfähige Einrichtung des Bundes
Kundenservice Umwelt

**Meteorologische Analyse
der SO₂-Konzentrationsspitze
am 11. Mai 2010
an der Messstelle Kittsee/Burgenland**

Auftraggeber

Amt der Burgenländischen Landesregierung
Abt. 5 – Anlagenrecht, Umweltschutz, Verkehr
Europaplatz 1
7001 Eisenstadt

Sachbearbeiter

Dr. August Kaiser
Dr. Christoph Lotteraner
Christoph Seidl, Erwin Petz

Wien, am 25. Mai 2011
Zahl: 2320/10-U4

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	3
2	Das Untersuchungsgebiet – Lage der Messstelle Kittsee	3
3	Ergebnisse	5
3.1	Die meteorologische Situation in Kittsee und ihre Auswirkungen auf die gemessene SO ₂ -Belastung	5
3.2	Die SO ₂ -Belastung in Kittsee und Umgebung	7
3.3	Die SO ₂ -Spitze am 11. Mai 2010.....	9
3.3.1	Analyse der gemessenen meteorologischen Zeitreihen und SO ₂ -Zeitreihen.....	9
3.4	Simulation des Windfelds und der Ausbreitung der Abgasfahne aus der Raffinerie Slovnaft	22
3.4.1	Theoretische Grundlagen	22
3.4.2	Emissionsdaten.....	23
3.4.3	INCA Windfelder	24
3.4.4	Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung.....	26
3.5	Zusammenfassung	31
4	Literatur	33

1 Problemstellung

Am 11. Mai 2010 kam es während der frühen Morgenstunden zu einem kurzzeitigen markanten Anstieg der Schwefeldioxidkonzentration (SO₂), wodurch der im IG-L (2010) angeführte Halbstundenmittelwert von 200 µg/m³ überschritten wurde. Nach IG-L (2010) gelten drei Halbstundenmittelwerte pro Tag über 200 µg/m³, jedoch maximal 48 Halbstundenmittelwerte pro Kalenderjahr bis zu einer Konzentration von 350 µg/m³ nicht als Grenzwertüberschreitung. Die Station Kittsee wurde bewusst zur Erfassung grenzüberschreitender Schadstofftransporte eingerichtet und wird stark von SO₂-Emissionen aus der Raffinerie Slovnaft in Bratislava beaufschlagt (Kaiser 2011). Daneben wird die SO₂-Belastung in Ostösterreich von Ferntransport aus dem Raum Südpolen und aus Südosteuropa beeinflusst (Böhmer et al., 2007). Der Anstieg der SO₂-Konzentration setzte am 11. Mai 2010 zuerst an den südlich von Kittsee gelegenen Messstellen Neusiedl/See und Eisenstadt ein. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass die SO₂-Spitze in Kittsee vom 11. Mai 2010 möglicherweise nicht alleine auf Emissionen aus dem Raum Bratislava, sondern auf ein Zusammenwirken von großräumigem Ferntransport aus Südost und regionalen Emissionen aus Bratislava zurückzuführen sein könnte.

Aufgabe der vorliegenden Studie ist, den möglichen Verursacher der SO₂-Spitze vom 11. Mai 2010 anhand von statistischen Untersuchungen der SO₂-Belastung in Kittsee und Umgebung mit Hilfe von meteorologischen Daten aus den Jahren 2005 bis 2010, mittels spezieller Analysen des Zeitraums der SO₂-Spitze und anhand von Modellsimulationen einzugrenzen.

2 Das Untersuchungsgebiet – Lage der Messstelle Kittsee

Abbildung 2.1 zeigt die Lage jener Messstellen, deren Immissionsdaten im vorliegenden Bericht verwendet wurden. Die Messstelle Kittsee befindet sich im äußersten Nordosten des Burgenlands, etwa 200 m von der Staatsgrenze entfernt. Etwa 1 km östlich von der Messstelle befindet sich eine Autobahn westlich des Stadtteils Petralka von Bratislava. Die Raffinerie Slovnaft ist ein markanter SO₂-Emittent im Raum Bratislava, sie befindet sich rund 7 km östlich der Messstelle Kittsee (Abbildung 2.2).

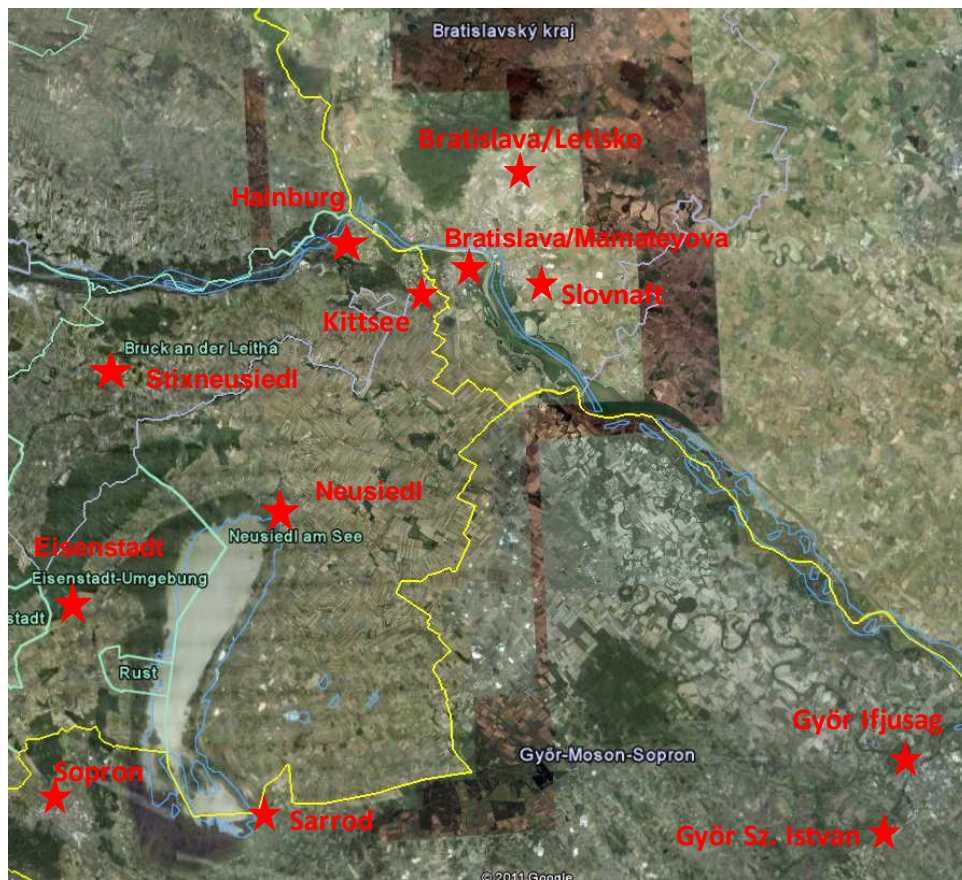


Abbildung 2.1: Lage der Immissionsmessstellen.

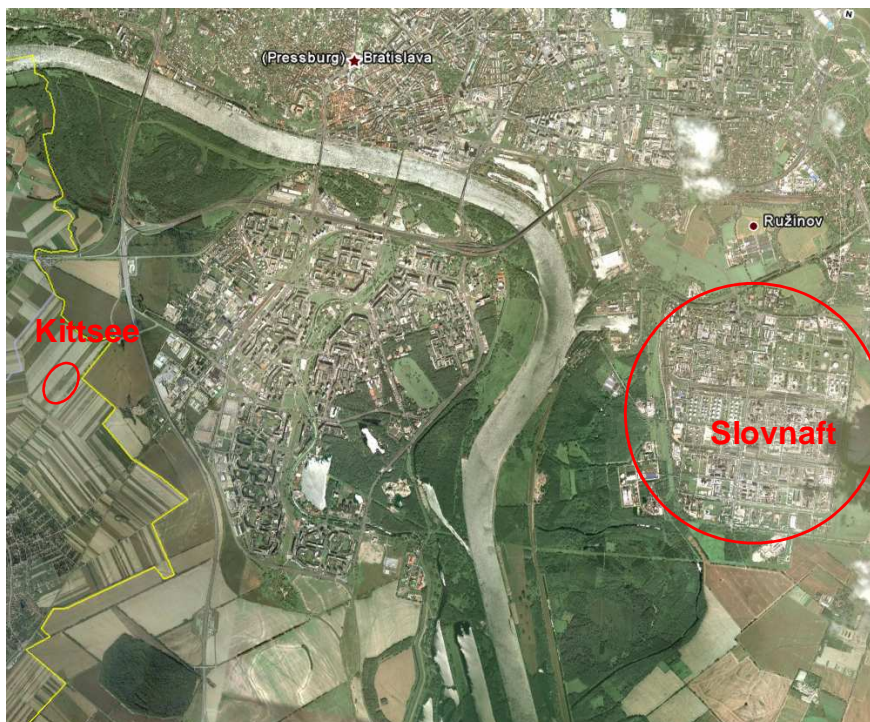


Abbildung 2.2: Lage der Messstelle Kittsee und der Raffinerie Slovnáft.

3 Ergebnisse

3.1 Die meteorologische Situation in Kittsee und ihre Auswirkungen auf die gemessene SO₂-Belastung

Kaiser (2011) enthält eine ausführliche Untersuchung der meteorologischen Situation und ihrer Auswirkungen auf die gemessene Immissionsbelastung in Kittsee. Im Rahmen der genannten Studie wurden neben den Messungen der Burgenländischen Landesregierung zudem unter anderem vertikale Temperatur- und Windprofile, die mit einem Sodar-RASS-Gerät der ZAMG (sound detection and ranging, kurz Sodar und radio acoustic sound system, kurz RASS) im Zeitraum von Anfang April 2006 bis Ende Mai 2007 gemessen wurden, berücksichtigt. An dieser Stelle werden nur jene Teile aus dieser Studie entnommen, die für die hier vorliegende Aufgabenstellung relevant sind. Weitere, darüber hinausgehende Details sind aus Kaiser (2011) ersichtlich.

Typisch für Ostösterreich sind Winde aus West bis Nordwest und aus Südost, wie dies z.B. auch aus der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen in Hainburg (Abb. 3.1) zu erkennen ist. In Kittsee hingegen scheinen die Windrichtungen aus Südost auf Nordost „verdreht“ (ebenfalls Abb. 3.1). Winde aus Nordost kommen in Kittsee aber nur in unmittelbar bodennahen Luftschichten überdurchschnittlich häufig vor, schon in 300 m über Grund dominieren die für Ostösterreich typischen Winde aus Südost (Abb. 3.2).

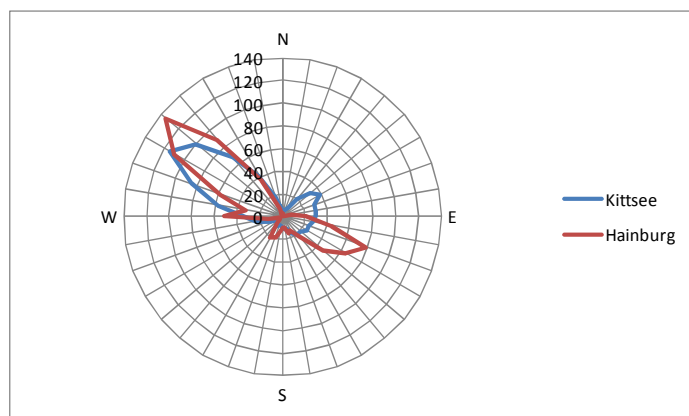


Abbildung 3.1: Häufigkeit (Promille) der Windrichtungen in Kittsee und Hainburg, 20050101 – 20100531.

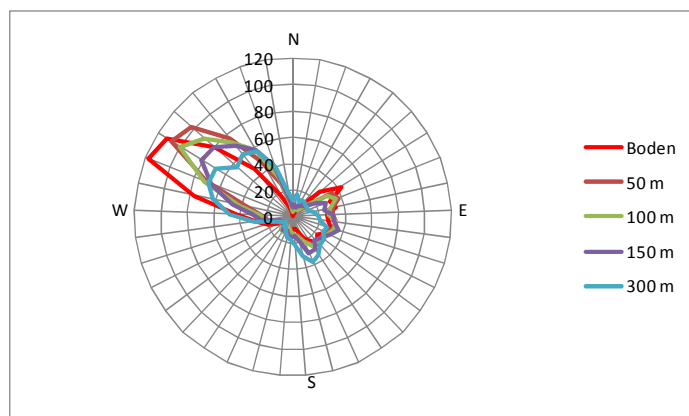


Abbildung 3.2: Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen in Kittsee in ausgewählten Höhen über Grund gemessen mit dem Sodar-RASS der ZAMG, 20060327 – 20070531.

Wie in Kaiser (2011) gezeigt werden konnte, sind die bodennahen Winde aus Nordost in Kittsee auf den Einfluss der Kleinen Karpaten zurückzuführen: Bei großräumiger Strömung aus Südost bilden die Kleinen Karpaten bei stabiler Schichtung ein Strömungshindernis, die Luft ist in bodennahen Schichten gezwungen, die Hügelzüge seitlich zu umströmen, was im Raum Bratislava/Kittsee zu Winden aus Nordost führt. Genau diese Winde sind in Kittsee häufig mit erhöhter SO_2 -Konzentration verbunden: Abbildung 3.3 zeigt die durchschnittliche Belastung der Luft in Kittsee durch NO_2 , PM_{10} und SO_2 . Während ein breiter Sektor von Winden aus Nordost bis Südost mit erhöhten NO_2 - und PM_{10} -Konzentrationen verbunden ist, was auf großflächige Emissionen aus dem Raum Bratislava schließen lässt, sind erhöhte SO_2 -Konzentrationen auf einen sehr schmalen Windrichtungssektor aus Ostnordost begrenzt. Der Umstand, dass erhöhte SO_2 -Konzentrationen im Durchschnitt ausschließlich bei Ostnordostwind auftreten, verweist auf den Einfluss einer Quelle mit nicht allzu großer räumlicher Ausdehnung, die Windrichtung legt die Raffinerie Slovnaft als Verursacher nahe. Dieser Verdacht wird durch die Abhängigkeit der Immissionsbelastung in Kittsee vom vertikalen Temperaturgradienten (Abbildung 3.4) erhärtet: Für bodennah freigesetzte Luftbeimengungen z.B. sollte die Immissionsbelastung bei guter Durchmischung (negatives Vorzeichen des vertikalen Temperaturgradienten in Abb. 3.4) am kleinsten und bei herabgesetzter vertikaler Durchmischung (Inversionslagen, positives Vorzeichen des Temperaturgradienten) am höchsten sein. Dies ist für NO_2 , welches hauptsächlich vom Verkehr in Bodennähe freigesetzt wird, auch der Fall. Für SO_2 zeigt Abb. 3.4 hingegen im Durchschnitt relativ hohe Werte bei guter und relativ niedrige Werte bei verminderter vertikaler Durchmischung. Dies ist ein deutlicher Hinweis für eine SO_2 -Freisetzung in größerer Höhe, also über einen hohen Schornstein, wie dies bei der Raffinerie der Fall ist.

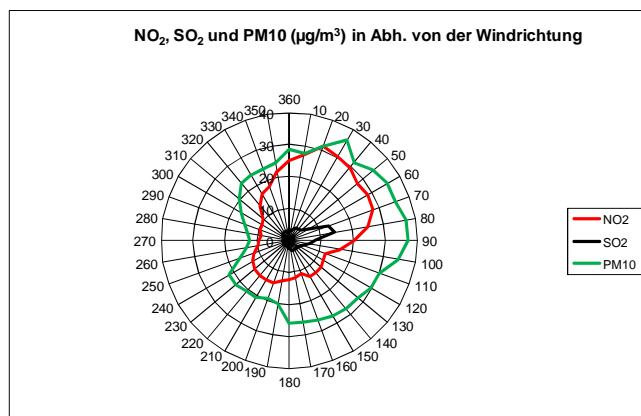


Abbildung 3.3: Mittlere SO₂-, NO₂-, und PM₁₀-Konzentrationen (µg/m³) an der Messstelle Kittsee in Abhängigkeit von der Windrichtung, 20060327 – 20070531.

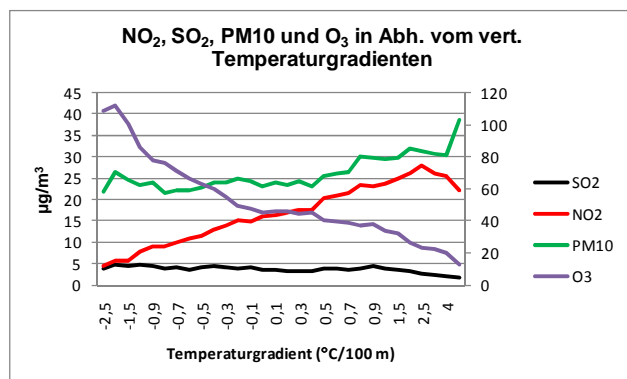


Abbildung 3.4: Mittlere SO₂-, NO₂-, PM₁₀ und O₃-Konzentrationen (µg/m³) an der Messstelle Kittsee in Abhängigkeit vom vertikalen Temperaturgradienten gemessen mit dem Sodar-RASS der ZAMG, 20060327 – 20070531.

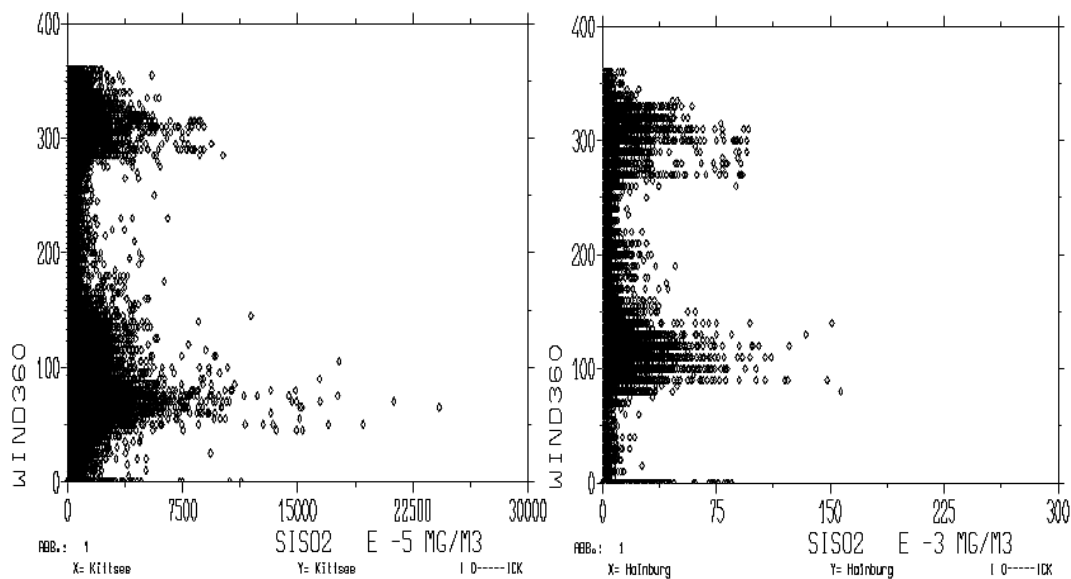
3.2 Die SO₂-Belastung in Kittsee und Umgebung

Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über die mittlere SO₂-Belastung an den Messstellen Kittsee, Hainburg und Stixneusiedl für die Periode von 1. 1. 2005 bis 31. 5. 2010. Sie zeigt ein recht einheitliches Bild mit einer geringen Abnahme von Ost (Kittsee und Hainburg) nach West (Stixneusiedl).

Tabelle 3.1: Mittelwerte der SO₂-Konzentration (µg/m³) über die Periode 20050101-20100531 an den Messstellen Kittsee, Hainburg und Stixneusiedl.

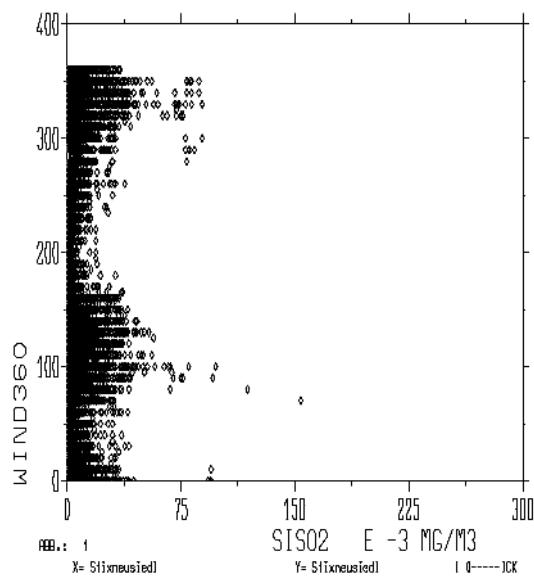
Kittsee	Hainburg	Stixneusiedl
4,631	4,7	3,7

Für die gegenständliche Untersuchung ist vor allem die Abhängigkeit von SO₂-Spitzenkonzentrationen von der Windrichtung von Interesse, weil diese Hinweise zu Advektion SO₂-reicher Luftmassen geben können (Abbildung 3.5). Zu beachten ist, dass die SO₂-Daten aus Kittsee in Form von 10⁻⁵ mg/m³, jene aus Hainburg und Stixneusiedl in 10⁻³ mg/m³ vorliegen. Abbildung 3.5 wurde jedoch so skaliert, dass die Werte direkt mit einander vergleichbar sind (z.B. entsprechen 30000 10⁻⁵ mg/m³ SO₂ in Kittsee genau 300 10⁻³ mg/m³ SO₂ in Hainburg bzw. Stixneusiedl).



a) Kittsee

b) Hainburg



c) Stixneusiedl

Abbildung 3.5: Abhängigkeit der SO₂-Konzentration (HMW) von der Windrichtung für die Messstellen Kittsee, Hainburg und Stixneusiedl, 20050101 – 20100531.

An allen drei Stationen treten erhöhte SO₂-Konzentrationen sowohl bei Winden aus Nordwest, als auch aus östlichen Richtungen auf. Bei Winden aus Nordwest nehmen sowohl Anzahl als auch Höhe der SO₂-Spitzen kaum von West (Stixneusiedl) nach Ost ab (Kittsee). Das räumlich recht einheitliche Erscheinungsbild von SO₂-Spitzen aus Nordwest verweist auf großräumig einheitlich belastete Luftmassen bei Nordwestwind. Bei Winden aus östlichen Richtungen werden die höchsten SO₂-Spitzen eindeutig an der Messstelle Kittsee gemessen; schon in Hainburg sind die höchsten SO₂-Spitzen niedriger als in Kittsee, nochmals niedriger sind sie an der im weitesten im Westen gelegenen Messstelle Stixneusiedl. Die Abnahmen von Anzahl und Höhe der SO₂-Spitzen von Ost nach West bei Winden aus östlichen Richtungen verweisen auf einen dominanten Emittenten östlich von Kittsee. Solange die Entfernung zum Emittenten nicht zu groß und daher die Abgasfahne noch nicht mehr oder weniger gleichmäßig auf ein sehr großes Luftvolumen verteilt ist, muss die Konzentration in einer solchen Abgasfahne mit zunehmender Entfernung vom Emittenten abnehmen. Abbildung 3.5 bestätigt somit, dass in Kittsee nicht nur die durchschnittliche SO₂-Belastung, sondern auch einzelne markante kurzzeitige SO₂-Spitzen von einem Großemittenten in nicht allzu großer Entfernung (einige km) (mit)verursacht werden.

3.3 Die SO₂-Spitze am 11. Mai 2010

3.3.1 Analyse der gemessenen meteorologischen Zeitreihen und SO₂-Zeitreihen

Abbildung 3.6 zeigt schon am 10. Mai, einem Tag vor der zu untersuchenden Spitze, als auch zwei Tage danach, am 13. Mai, kurzzeitig deutlich überhöhte SO₂-Werte in Kittsee. Die SO₂-Spitze am 11. Mai tritt nur während einer einzigen Halbstunde auf. Bereits aus Abbildung 3.6, jedoch detaillierter aus Abbildung 3.7, die nur die SO₂-Zeitreihen für den 11. Mai enthält, ist ersichtlich, dass am 11. Mai unmittelbar vor der SO₂-Spitze in Kittsee zunächst auch in Neusiedl, kurz danach in Eisenstadt deutliche SO₂-Spitzen gemessen werden.

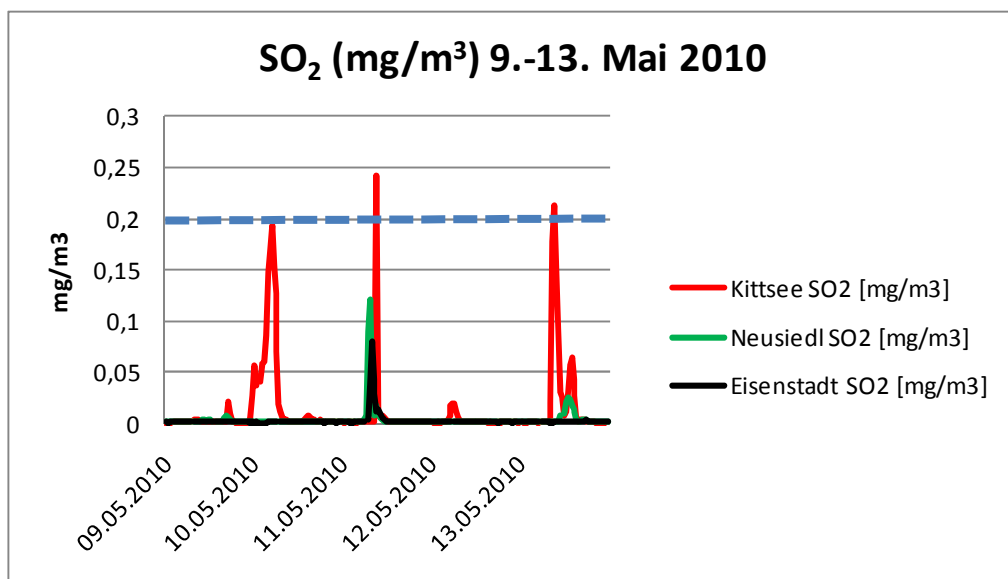


Abbildung 3.6: Zeitreihen der SO₂-Konzentration (mg/m³) in Kittsee (rot), Neusiedl (grün) und Eisenstadt (schwarz), 20100509-20100513. Die blaue strichlierte Linie markiert den SO₂-Grenzwert nach IG-L.

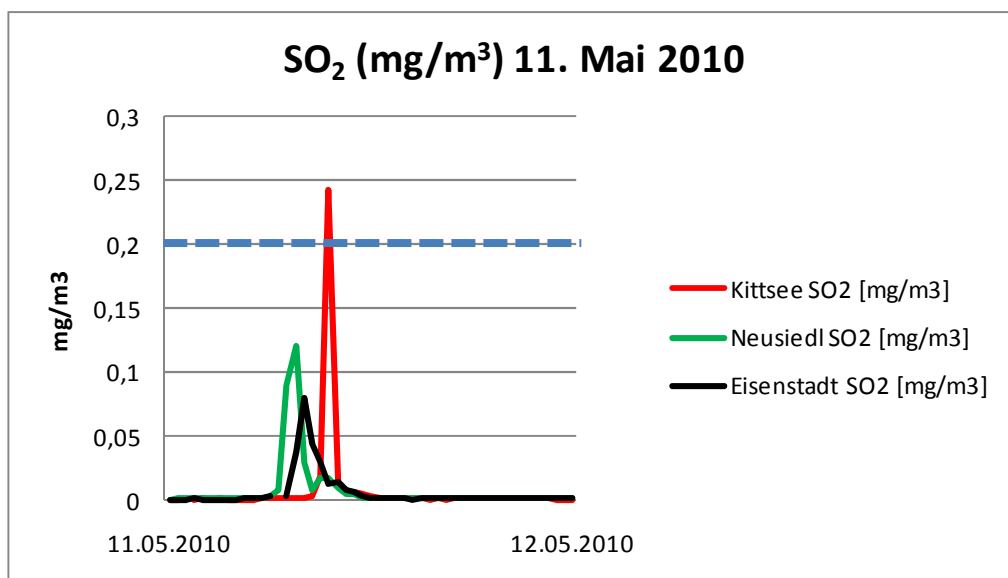


Abbildung 3.7: Zeitreihen der SO₂-Konzentration (mg/m³) in Kittsee (rot), Neusiedl (grün) und Eisenstadt (schwarz), 20100511, 00:30-24:00. Die blaue strichlierte Linie markiert den SO₂-Grenzwert nach IG-L.

Gleichzeitig mit den SO₂-Spitzen in Kittsee werden jeweils Winde aus nordöstlichen bis östlichen Richtungen gemessen (Abbildung 3.8), besonders deutlich am 10. Mai während der Morgenstunden. Am 11. Mai weht kurz vor der Grenzwertüberschreitung Wind aus nordöstlicher Richtung, der dann rasch auf Ost dreht. Sogar die weniger spektakulär erhöhte SO₂-Konzentration am 12. Mai während der Morgenstunden ist mit Winden aus nordöstlicher bis östlicher Richtung verbunden. Die SO₂-Spitze am 13. Mai geht einher mit einer Winddrehung von Nord über Nordost auf Ost bis Südost.

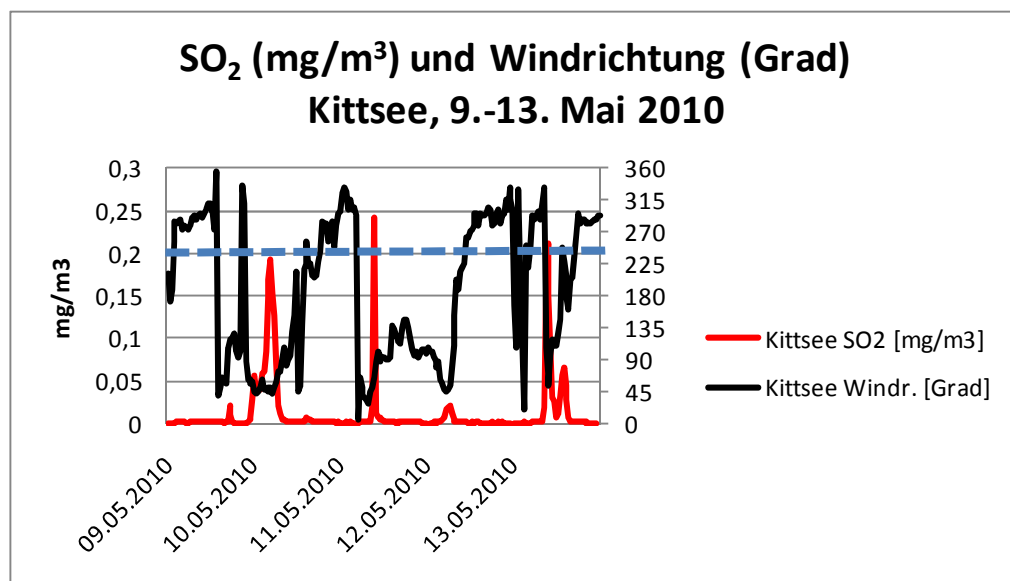
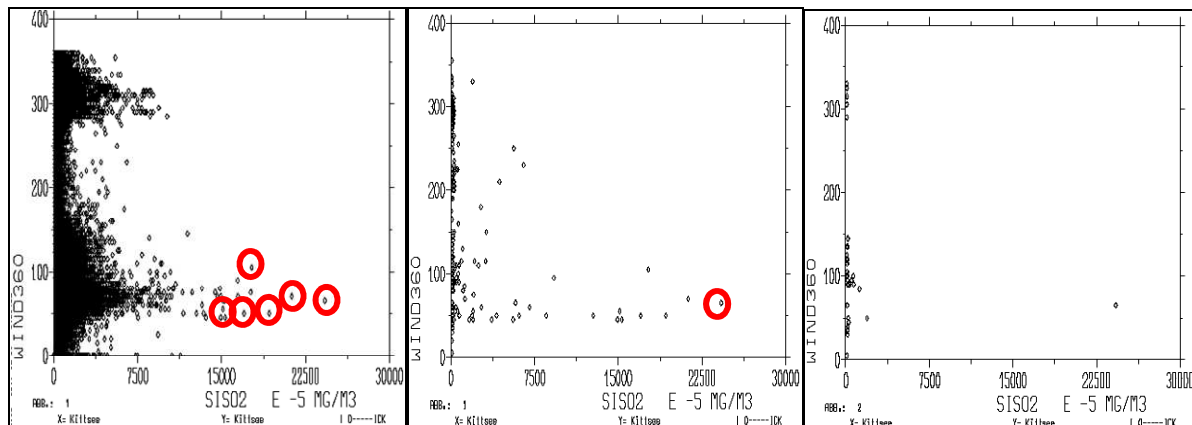


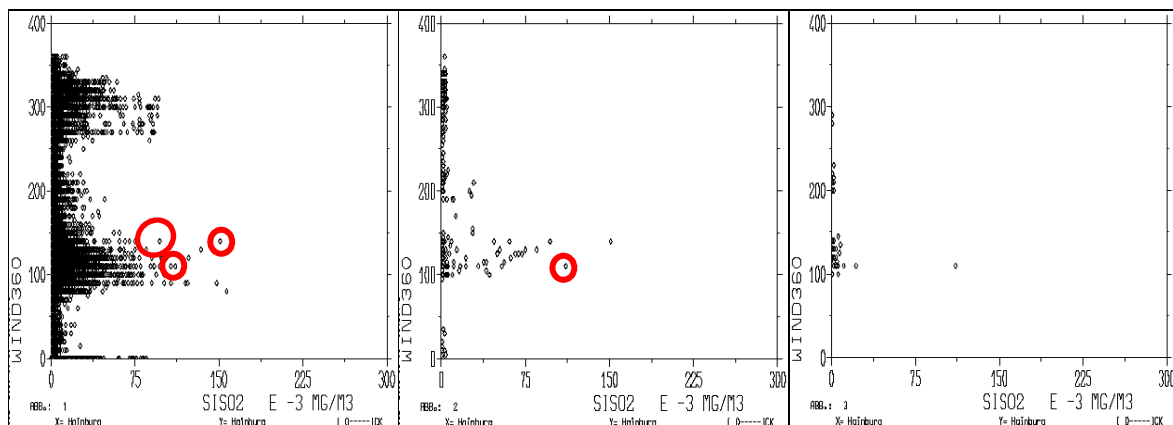
Abbildung 3.8: Zeitreihen der SO₂-Konzentration (mg/m³, rot) und der Windrichtung (Grad, schwarz) in Kittsee, 20100509-20100513. Die blaue strichlierte Linie markiert den SO₂-Grenzwert nach IG-L.

Der Zusammenhang zwischen Windrichtung und SO₂-Konzentration ist besonders gut aus Abbildung 3.9 ersichtlich, die entsprechende Streudiagramme für alle untersuchten SO₂-Messstellen zeigt. Die Darstellungen sind getrennt für den mehrjährigen Auswertzeitraum für Kittsee, Hainburg und Stixneusiedl, sowie für den Zeitraum mit deutlichen SO₂-Spitzen von 9. bis 13. Mai 2010 und für den 11. Mai für alle Messstellen. Zu beachten ist, dass alle SO₂-Daten in Form von 10⁻⁵ mg/m³ vorliegen außer jenen aus den niederösterreichischen Stationen, diese liegen in Form von 10⁻³ mg/m³ vor. Die Skalierung der Abbildungen wurde so gewählt, dass die Werte dennoch direkt verglichen werden können.

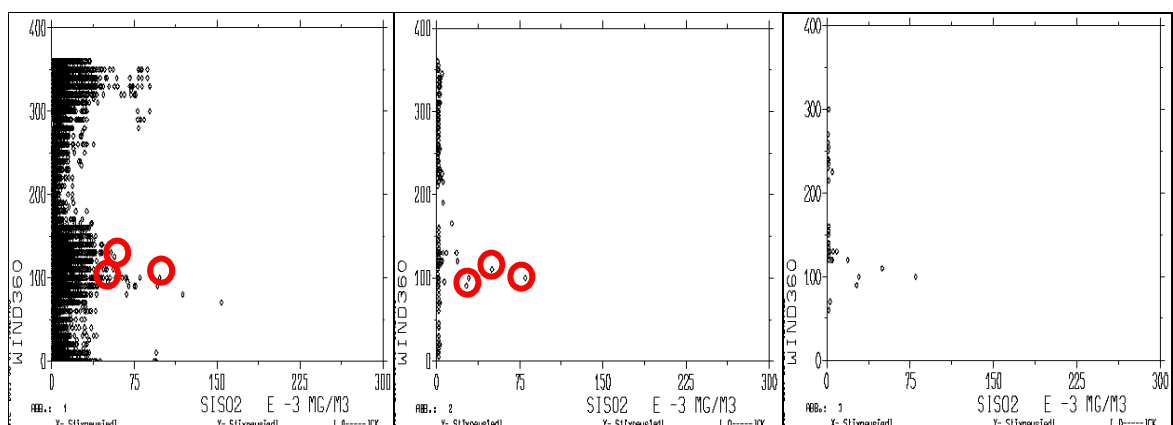
Für Kittsee, Hainburg und Stixneusiedl fällt auf, dass die SO₂-Spitzen im Zeitraum von 9. bis 13. Mai 2010 und vom 11. Mai 2010 bei genau denselben Windrichtungen auftreten wie in der langjährigen Statistik: In Kittsee bei Winden aus Ost bis Ostnordost, in Hainburg und Stixneusiedl bei Winden aus Ost bis Südost (Abb. 3.9a bis 3.9c). Dies legt den Schluss nahe, dass die hohen SO₂-Spitzen, die während des Zeitraums von 9. bis 13. Mai 2010 an den genannten Stationen gemessen wurden, von einem seit langer Zeit bestehenden Emittenten (mit)verursacht wurden.



a) Kitsee: links: 2005-2010. Rote Markierung: Spitzenkonzentrationen aus dem Zeitraum 20100509-20100513; Mitte: 20100509-20100513. Rote Markierung: Spitzenwert vom 11. 5. 2010; rechts: 20100511.

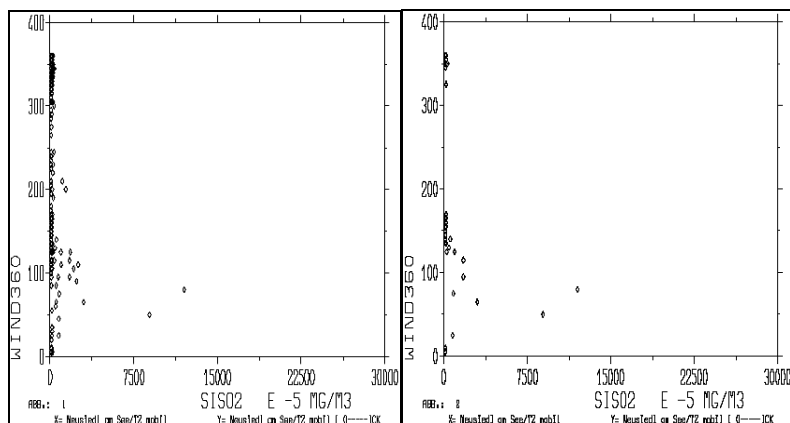


b) Hainburg: links: 2005-2010. Rote Markierung: Spitzenkonzentrationen aus dem Zeitraum 20100509-20100513; Mitte: 20100509-20100513. Rote Markierung: Spitzenwert vom 11. 5. 2010; rechts: 20100511.

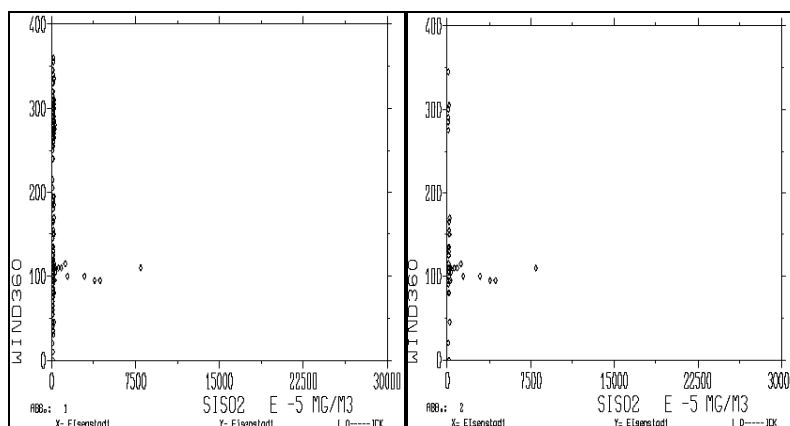


c) Stixneusiedl: links: 2005-2010. Rote Markierung: Spitzenkonzentrationen aus dem Zeitraum 20100509-20100513; Mitte: 20100509-20100513. Rote Markierung: Spitzenwert vom 11. 5. 2010; rechts: 20100511.

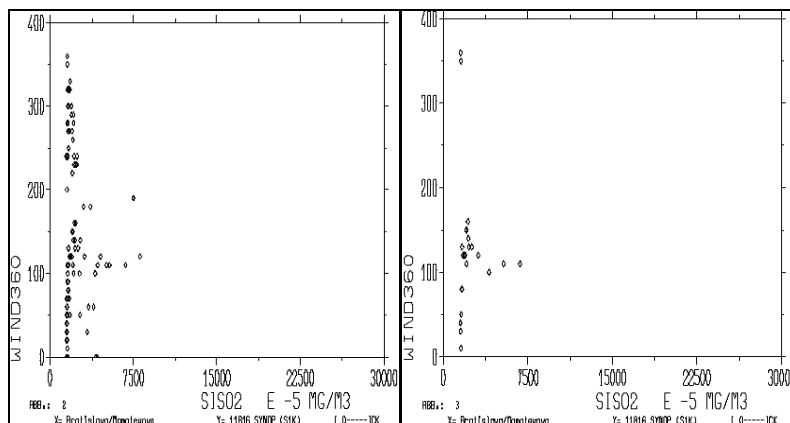
Abbildung 3.9: Zusammenhang zwischen Windrichtung und SO₂-Konzentration an den untersuchten Messstellen für verschiedene Auswerteziträume.



d) Neusiedl/See: links: 20100509-20100513, rechts: 20100511



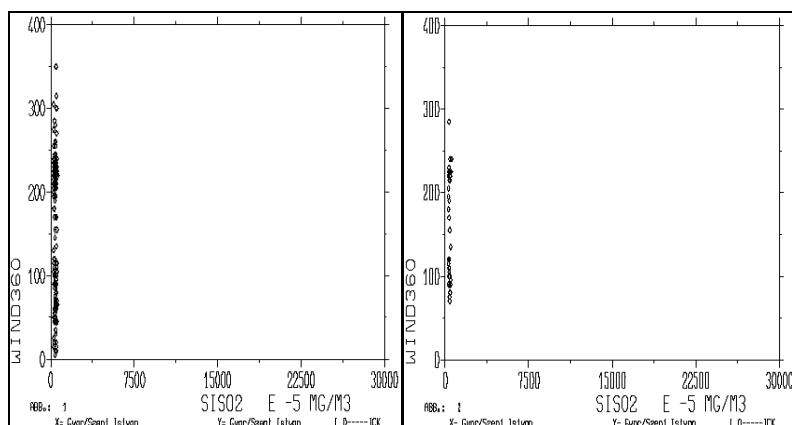
e) Eisenstadt: links: 20100509-20100513, rechts: 20100511



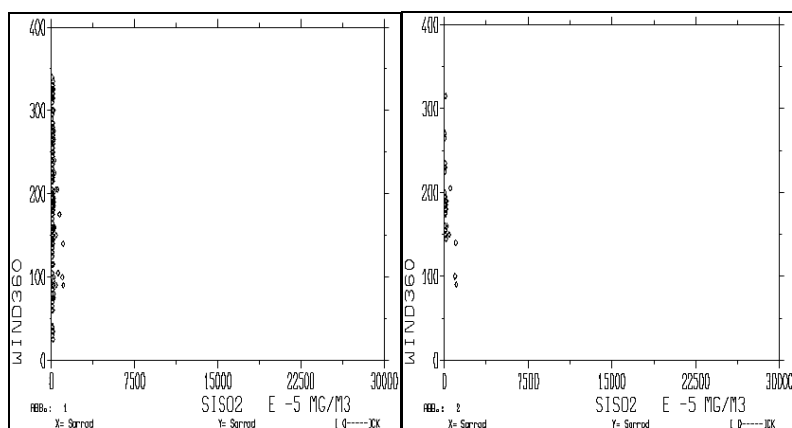
f) Bratislava/Mamateyova (SO₂), Letisko (Wind):

links: 20100509-20100513, rechts: 20100511

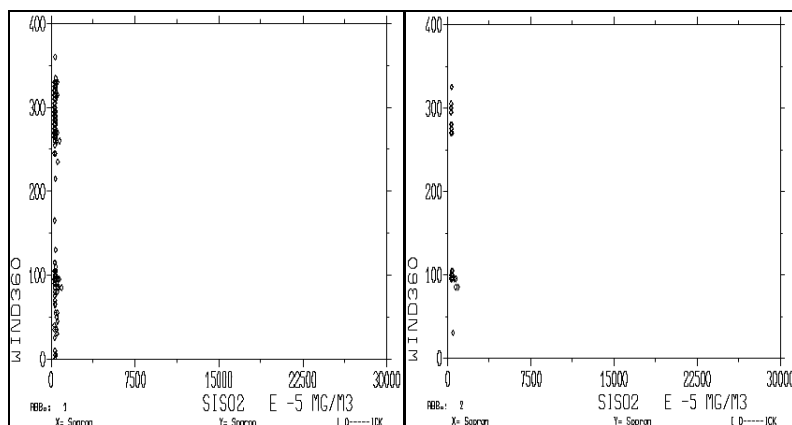
Abbildung 3.9 (Fortsetzung): Zusammenhang zwischen Windrichtung und SO₂-Konzentration an den untersuchten Messstellen für verschiedene Auswertzeiträume.



g) Győr Szent Istvan: links: 20100509-20100513, rechts: 20100511



h) Sarrod: links: 20100509-20100513, rechts: 20100511



i) Sopron: links: 20100509-20100513, rechts: 20100511

Abbildung 3.9 (Fortsetzung): Zusammenhang zwischen Windrichtung und SO₂-Konzentration an den untersuchten Messstellen für verschiedene Auswertzeiträume.

In Neusiedl werden sowohl im Zeitraum von 9. bis 13. Mai als auch am 11. Mai die höchsten SO₂-Spitzen bei Winden aus Ost bis Nordost (Abb. 3.9d), in Eisenstadt und in Bratislava/Mamateyova (Abb. 3.9e und 3.9f) bei Ostsüdostwind gemessen. An den weiter im Süden gelegenen ungarischen Messstellen ist die gemessenen SO₂-Belastung unabhängig von der Windrichtung an beiden untersuchten Zeiträumen sehr niedrig (Abb. 3.9g bis 3.9i). Ein

großräumiger Ferntransport aus Südost scheidet daher als Ursache für die erhöhten SO₂-Werte an den burgenländischen Messstellen aus. Stattdessen verweist die Abhängigkeit der SO₂-Konzentration von der Windrichtung für den gesamten Zeitraum von 9. bis 13. Mai 2010 an den Messstellen Kittsee, Hainburg, Stixneusiedl und Bratislava/Mamateyova auf Emissionen aus dem Bereich Bratislava. Auch für die Messstellen Neusiedl/See und Eisenstadt wäre am 11. Mai ein Einfluss aus dem Raum Bratislava möglich, falls die Abgasfahne zuvor in südliche Richtung verfrachtet wurde.

In Kittsee sind die zwischen 9. und 13. Mai gemessenen SO₂-Spitzen teilweise die höchsten Werte aus dem gesamten mehrjährigen Untersuchungszeitraum (das SO₂-Maximum, welches am 11. Mai gemessen wurde, ist in der Darstellung für den Zeitraum von 9.-13. Mai durch rote Markierung hervorgehoben, analog sind die Maxima aus dem Zeitraum von 9. bis 13. Mai in der Darstellung für den mehrjährigen Zeitraum durch rote Markierungen hervorgehoben). Auch in Hainburg und Stixneusiedl gehören die SO₂-Maxima aus dem Zeitraum von 9. bis 13. Mai zu den höchsten, jedoch nicht zu den allerhöchsten Werten im langjährigen Untersuchungszeitraum. Die außergewöhnlich hohen SO₂-Spitzen in Kittsee im Zeitraum von 9. bis 13. Mai 2010 können entweder Folge ungewöhnlicher meteorologischer Verhältnisse oder erhöhter Emissionen sein.

Für die weitere Klärung der Frage, ob Emissionen aus dem Bereich Bratislava/Slovnaft wesentliche Verursacher der Grenzwertüberschreitung in Kittsee und Ursache des SO₂-Konzentrationsanstiegs in Neusiedl/See und Eisenstadt sind, ist eine genaue Analyse des zeitlichen Verlaufs der SO₂-Konzentrationen und der Windverhältnisse an den betrachteten Stationen erforderlich. Entsprechende Zeitreihen sind für den 11. Mai 2010 in den Abbildungen 3.10 bis 3.13 und in den Tabellen 3.2 und 3.3 zusammengestellt.

In Bratislava kommt knapp vor Mitternacht (Nacht vom 10. auf den 11. Mai) Wind aus nördlichen Richtungen auf, der mit rund 1 m/s bis 2 m/s bis etwa 3:30 anhält, danach, bis rund 8:30 Uhr, dreht der Wind auf Nordost mit zunächst rund 2 m/s, ab 06:30 mit rund 4 m/s (Abb. 3.10, Tabelle 3.2). In Kittsee (Abb. 3.11, Tabelle 3.3) werden zeitgleich Winde aus nordnordwestlichen, in Neusiedl (Abb. 3.13, Tabelle 3.3) aus nordwestlicher bis nördlicher Richtung mit Geschwindigkeiten meist zwischen 1 und 2 m/s gemessen. In Eisenstadt (Abb. 3.14, Tabelle 3.3) ist der Wind mit Geschwindigkeiten meist um nur 0,1 m/s sehr schwach und kommt aus uneinheitlichen, z.T. nördlichen, östlichen und westlichen Richtungen. Für die Nacht- und frühen Morgenstunden des 11. Mai müssen Emissionen aus dem Bereich Bratislava/Slovnaft daher östlich der Messstellen Kittsee, Neusiedl/See und Eisenstadt vorbei in südliche Richtung transportiert worden sein. Gemäß den Windgeschwindigkeiten in Bratislava

und in Kittsee ergibt sich für eine Abgasfahne aus dem Raum Bratislava eine Wegstrecke von knapp 30 km, sofern der Transport mit dem Bodenwind erfolgt. Damit können Gebiete südlich der Parndorfer Platte bis knapp südlich von Hegyeshalom von Emissionen aus Bratislava erreicht werden. Da die vor allem in Frage kommenden Emissionen aus der Raffinerie Slovnaft z.T. über hohe Schornsteine freigesetzt werden, ist wegen der üblichen Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe auch ein Transport in etwas größere Entfernung nicht auszuschließen.

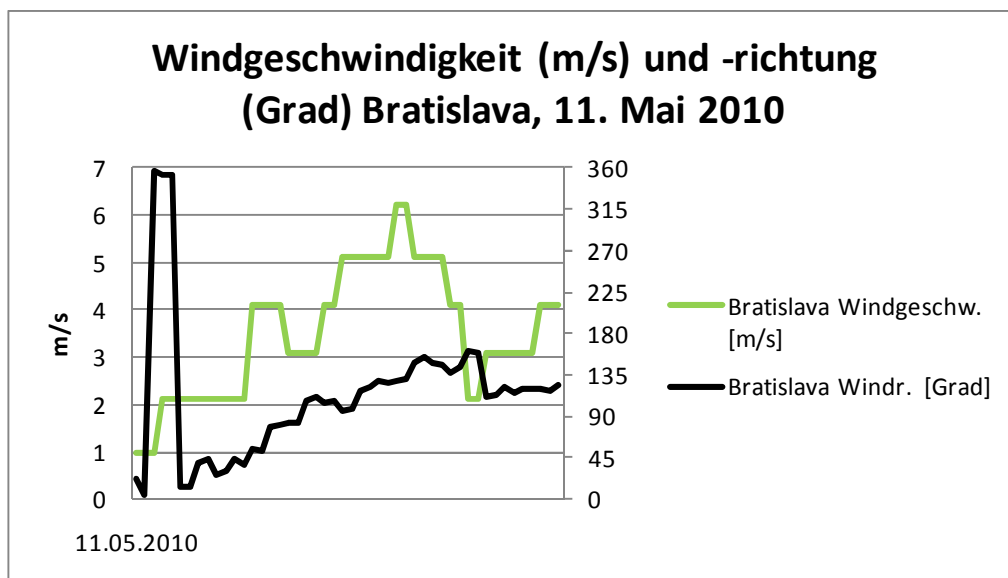
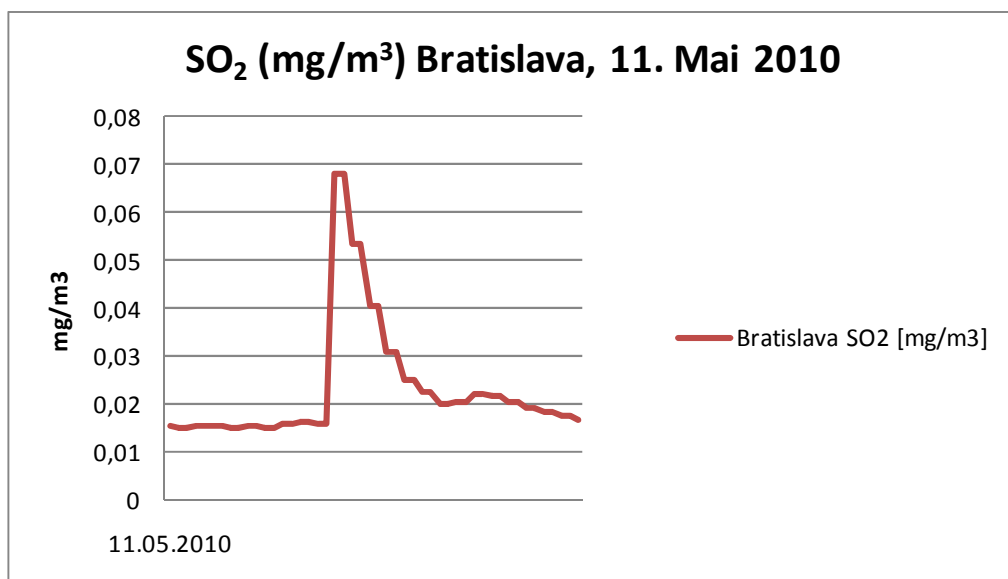


Abbildung 3.10: SO₂-Konzentration (oben), Windrichtung (schwarz, rechte Skala) und Windgeschwindigkeit (grün, linke Skala, Abbildung unten) in Bratislava, 11. Mai 2010.

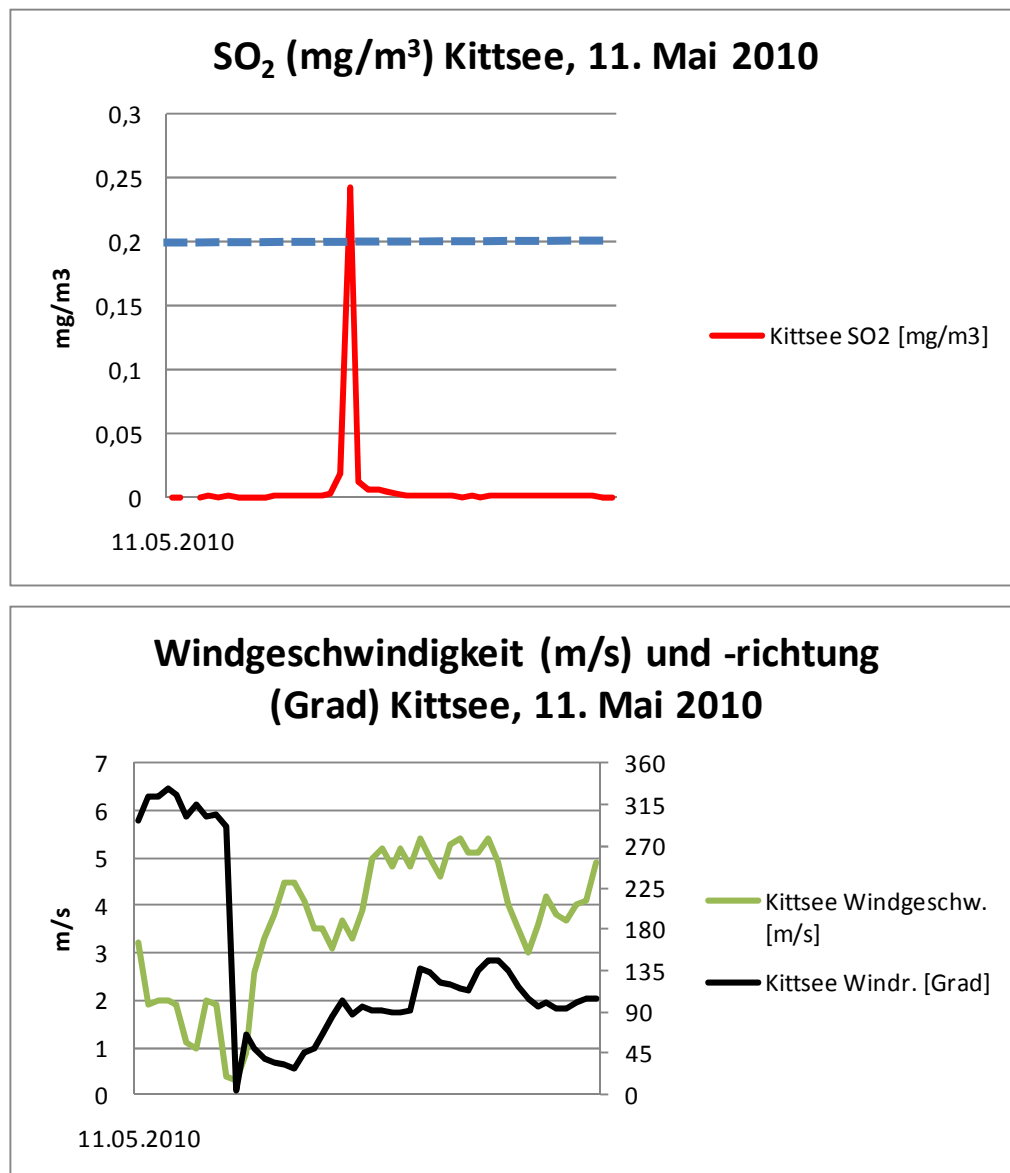


Abbildung 3.11: SO₂-Konzentration (oben), Windrichtung (schwarz, rechte Skala) und Windgeschwindigkeit (grün, linke Skala, Abbildung unten) in Kittsee, 11. Mai 2010.

Nach 6:00 Uhr dreht der Wind in Neusiedl/See auf Nordost bis Ost (Geschwindigkeit um 2 m/s), gefolgt vom SO₂-Anstieg um 7:30 Uhr (Abb. 3.12, Tabelle 3.3). Im Zeitraum zwischen der Winddrehung und der SO₂-Spitze konnte in Bodennähe Luft aus Osten aus rund 10 km Entfernung, in größerer Höhe vermutlich auch aus größerer Distanz zur Messstelle gelangen. Selbst bei stabiler Schichtung, die bei windschwachem Wetter nachts anzunehmen ist, muss davon ausgegangen werden, dass eine Abgasfahne aus einem rund 30 km entfernten Emittenten bereits auf ein größeres Luftvolumen verteilt ist, sodass eine Beeinflussung der in Neusiedl gemessenen SO₂-Belastung durch eine Abgasfahne aus dem Raum Bratislava durchaus plausibel ist.

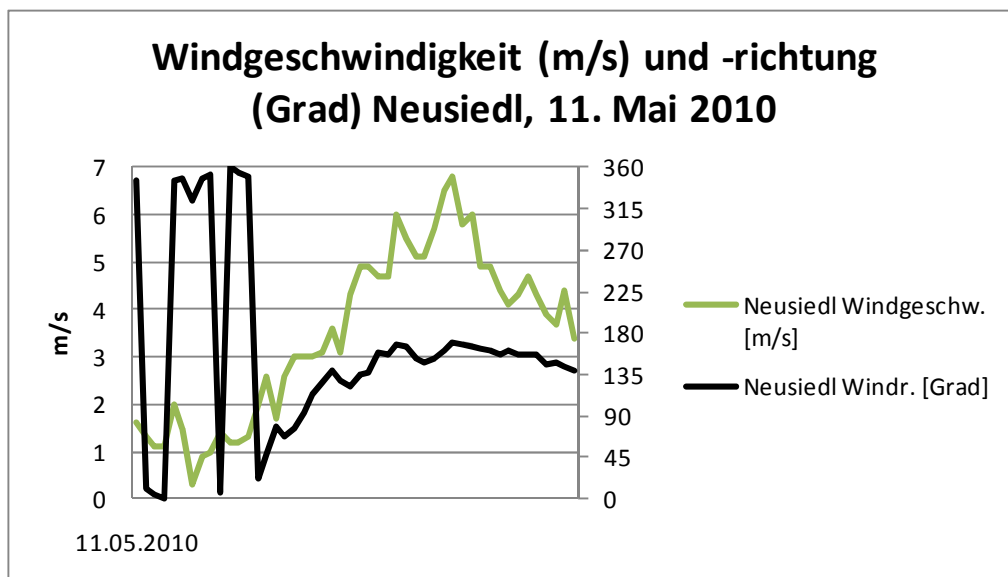
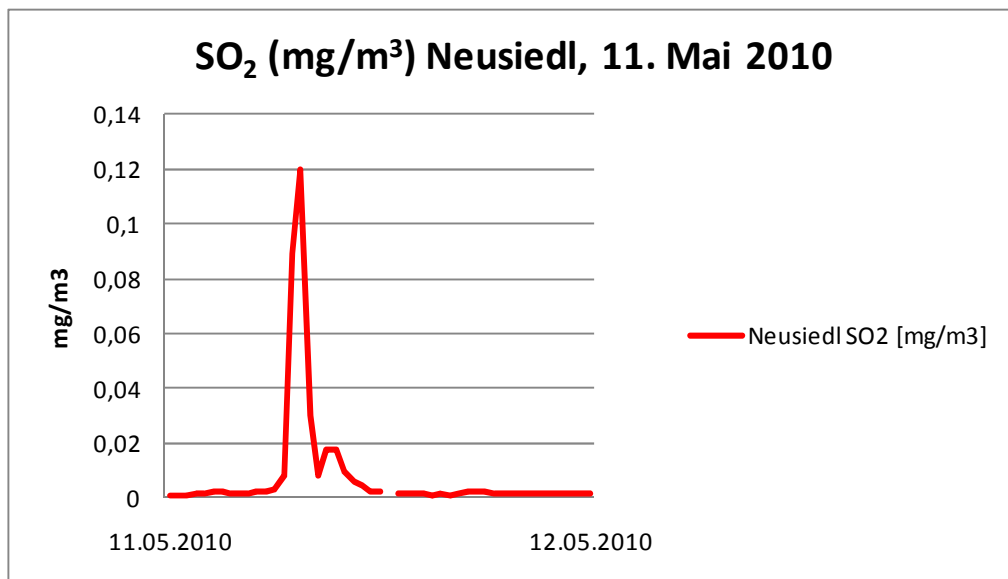


Abbildung 3.12: SO₂-Konzentration (oben), Windrichtung (schwarz, rechte Skala) und Windgeschwindigkeit (grün, linke Skala, Abbildung unten) in Neusiedl/See, 11. Mai 2010.

Für Eisenstadt (Abb. 3.13, Tabelle 3.3) ist die Situation nicht so eindeutig. Zwar wird auch hier die SO₂-Spitze um 8:00 gleichzeitig mit Auffrischen des Windes aus Ost-südost (Geschwindigkeit nimmt auf 1,3 m/s zu) gemessen, zuvor ist der Wind in Eisenstadt jedoch ausgesprochen schwach. Die im Vergleich zu den anderen Messstellen auffallend niedrige Windgeschwindigkeit in Eisenstadt und der Umstand, dass Eisenstadt als einzige Messstelle zwischen 2:30 und 3:30 Uhr Winde aus westlichen Richtungen misst, verweisen auf die Beeinflussung der Messstelle durch nächtliche bodennahe Hangabwinde aus dem Leithagebirge. Anhand der Windmessungen in Eisenstadt während der Nachtstunden kann also nicht auf die regionale Verfrachtung von Luftmassen geschlossen werden. Umgekehrt verweist die Zunahme der Windgeschwindigkeit zur Zeit der SO₂-Spitze auf ein Durchgreifen der

regionalen Luftströmung bis zum Boden infolge der einsetzenden vertikalen Durchmischung der Atmosphäre, wodurch eine in höheren Schichten antransportierte SO₂-reiche Luft die Messstelle erreicht haben könnte.

In Kittsee weht zu dieser Zeit noch Wind aus Nordnordost bis Nordost, erst mit Drehung des Windes auf Ostnordost wird um 9:30 die SO₂-Spitze gemessen (Abb. 3.11, Tabelle 3.2). Bemerkenswert ist, dass auch die an der Messstelle Bratislava/Mamateyova gemessene SO₂-Spitze mit Winddrehung auf Ostsüdost (Winddaten vom Flughafen Letisko!) einher geht, was auch hier einen Einfluss aus der Raffinerie Slovnaft nahe legt.

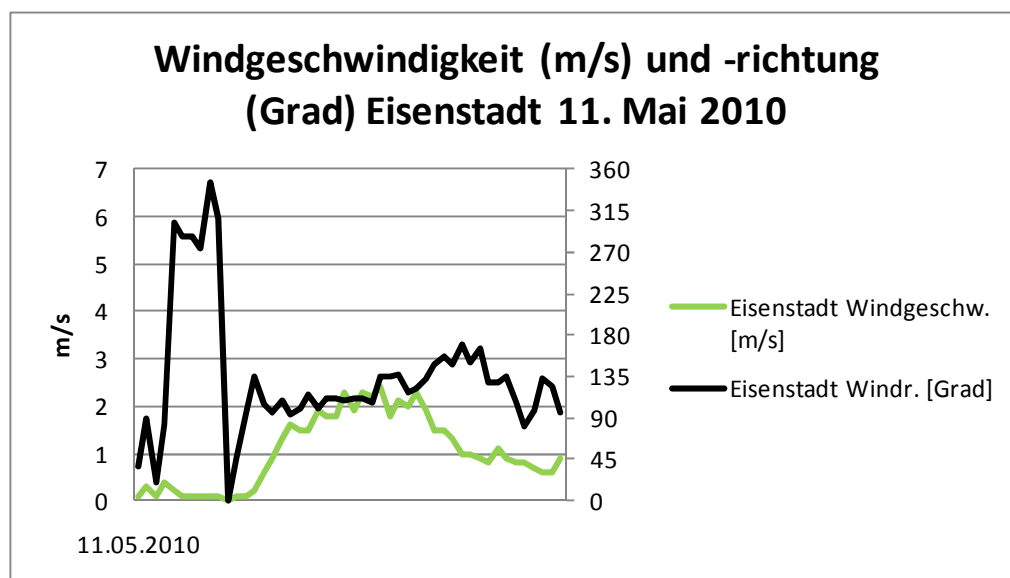
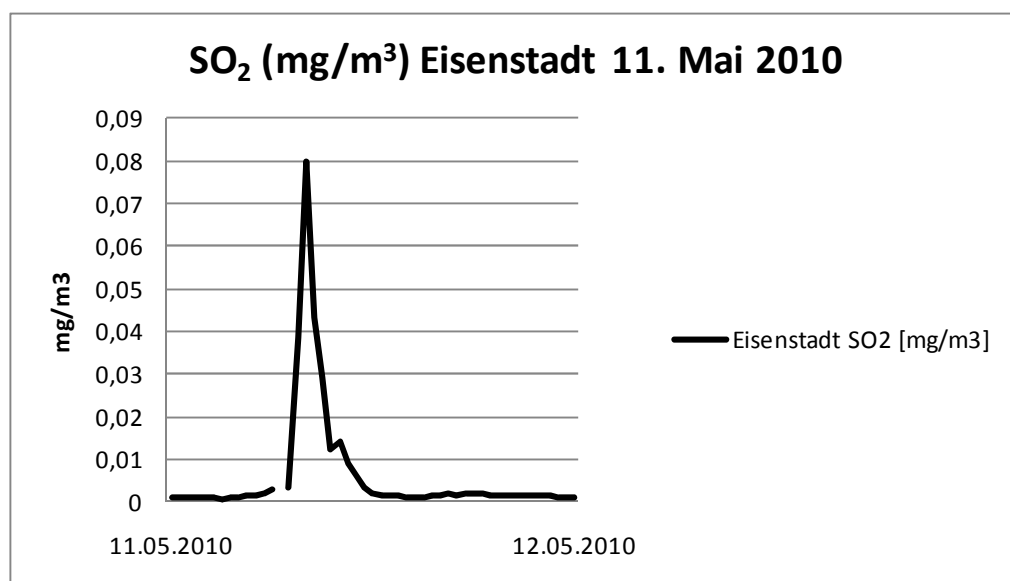


Abbildung 3.13: SO₂-Konzentration (oben), Windrichtung (schwarz, rechte Skala) und Windgeschwindigkeit (grün, linke Skala, Abbildung unten) in Eisenstadt, 11. Mai 2010.

Tabelle 3.2: Zeitreihen von Windrichtung (Grad), Windgeschwindigkeit (m/s) und SO₂-Konzentration (mg/m³) an den Messstellen Bratislava (Wind: Letisko, SO₂: Mamatyova) und Kittsee. Rote Einfärbung: SO₂-Spitze am 11. Mai 2010.

Windrichtung 999 = Wind aus uneinheitlichen Richtungen, „umlaufender Wind“

	Bratislava			Kittsee		
	Windr. [Grad]	Windgesch. [m/s]	SO ₂ [mg/m ³]	Windr. [Grad]	Windgesch. [m/s]	SO ₂ [mg/m ³]
10.05.2010 19:00	266	3,1	0,0197	285	2,9	0,00253
10.05.2010 19:30	272	3,1	0,0175	281	1,8	0,00221
10.05.2010 20:00	274	3,1	0,0175	277	1,3	0,00194
10.05.2010 20:30	999	1	0,0165	283	1,2	0,00188
10.05.2010 21:00	999	1	0,0165	256	1,2	0,00159
10.05.2010 21:30	235	2,1	0,0159	261	1,0	0,00110
10.05.2010 22:00	239	2,1	0,0159	284	1,4	0,00141
10.05.2010 22:30	999	1	0,0156	248	1,1	0,00114
10.05.2010 23:00	999	1	0,0156	280	2,0	0,00094
10.05.2010 23:30	18	1	0,0154	297	1,8	0,00121
11.05.2010 00:00	22	1	0,0154	298	3,2	0,00092
11.05.2010 00:30	4	1	0,0153	325	1,9	0,00089
11.05.2010 01:00	356	1	0,0153	325	2,0	
11.05.2010 01:30	353	2,1	0,0156	332	2,0	0,00095
11.05.2010 02:00	353	2,1	0,0156	327	1,9	0,00112
11.05.2010 02:30	14	2,1	0,0156	303	1,1	0,00099
11.05.2010 03:00	13	2,1	0,0156	316	1,0	0,00119
11.05.2010 03:30	40	2,1	0,0151	303	2,0	0,00100
11.05.2010 04:00	44	2,1	0,0151	305	1,9	0,00083
11.05.2010 04:30	27	2,1	0,0154	292	0,4	0,00090
11.05.2010 05:00	30	2,1	0,0154	5	0,3	0,00100
11.05.2010 05:30	44	2,1	0,0151	65	0,9	0,00134
11.05.2010 06:00	38	2,1	0,0151	51	2,6	0,00209
11.05.2010 06:30	54	4,1	0,0158	39	3,3	0,00169
11.05.2010 07:00	53	4,1	0,0158	36	3,8	0,00175
11.05.2010 07:30	78	4,1	0,0165	34	4,5	0,00130
11.05.2010 08:00	81	4,1	0,0165	29	4,5	0,00148
11.05.2010 08:30	82	3,1	0,0161	45	4,1	0,00268
11.05.2010 09:00	84	3,1	0,0161	50	3,5	0,01902
11.05.2010 09:30	107	3,1	0,068	65	3,5	0,24234
11.05.2010 10:00	112	3,1	0,068	86	3,1	0,01222
11.05.2010 10:30	105	4,1	0,0534	102	3,7	0,00659
11.05.2010 11:00	106	4,1	0,0534	88	3,3	0,00712
11.05.2010 11:30	95	5,1	0,0405	96	3,9	0,00518
11.05.2010 12:00	99	5,1	0,0405	92	5,0	0,00349
11.05.2010 12:30	117	5,1	0,031	92	5,2	0,00230
11.05.2010 13:00	121	5,1	0,031	89	4,8	0,00172

Tabelle 3.3: Zeitreihen von Windrichtung (Grad), Windgeschwindigkeit (m/s) und SO₂-Konzentration (mg/m³) an den Messstellen Neusiedl und Eisenstadt. Rote Einfärbung: SO₂-Spitze am 11. Mai 2010.

	Neusiedl			Eisenstadt		
	Windr. [Grad]	Windgesch. [m/s]	SO ₂ [mg/m ³]	Windr. [Grad]	Windgesch. [m/s]	SO ₂ [mg/m ³]
10.05.2010 19:00	240	1,5	0,00096	270	0,4	0,00101
10.05.2010 19:30	228	2,0	0,00097	291	0,3	0,00089
10.05.2010 20:00	242	0,5	0,00108	297	0,3	0,00109
10.05.2010 20:30	176	0,3	0,00092	203	0,1	0,00096
10.05.2010 21:00	212	0,5	0,00100	281	0,3	0,00102
10.05.2010 21:30	324	0,3	0,00109	286	0,1	0,00127
10.05.2010 22:00	345	0,5	0,00105	279	0,1	0,00094
10.05.2010 22:30	1	1,0	0,00117	268	0,8	0,00086
10.05.2010 23:00	357	1,8	0,00115	250	0,2	0,00112
10.05.2010 23:30	332	1,7	0,00109	62	0,1	0,00096
11.05.2010 00:00	346	1,6	0,00100	38	0,1	0,00096
11.05.2010 00:30	11	1,3	0,00122	90	0,3	0,00106
11.05.2010 01:00	5	1,1	0,00115	20	0,1	0,00103
11.05.2010 01:30	1	1,1	0,00134	82	0,4	0,00116
11.05.2010 02:00	346	2,0	0,00157	302	0,2	0,00081
11.05.2010 02:30	348	1,5	0,00204	288	0,1	0,00094
11.05.2010 03:00	323	0,3	0,00207	286	0,1	0,00077
11.05.2010 03:30	348	0,9	0,00193	273	0,1	0,00100
11.05.2010 04:00	353	1,0	0,00183	345	0,1	0,00099
11.05.2010 04:30	7	1,4	0,00144	307	0,1	0,00153
11.05.2010 05:00	360	1,2	0,00219	0	0,0	0,00138
11.05.2010 05:30	355	1,2	0,00203	45	0,1	0,00212
11.05.2010 06:00	349	1,3	0,00322	95	0,1	0,00268
11.05.2010 06:30	23	2,0	0,00786	136	0,2	
11.05.2010 07:00	48	2,6	0,08916	104	0,6	0,00339
11.05.2010 07:30	79	1,7	0,12015	96	0,9	0,03836
11.05.2010 08:00	67	2,6	0,03005	109	1,3	0,07965
11.05.2010 08:30	77	3,0	0,00833	94	1,6	0,04336
11.05.2010 09:00	94	3,0	0,01759	100	1,5	0,02926
11.05.2010 09:30	113	3,0	0,01758	115	1,5	0,01222
11.05.2010 10:00	127	3,1	0,00972	100	1,9	0,01422
11.05.2010 10:30	139	3,6	0,00569	111	1,8	0,00880
11.05.2010 11:00	128	3,1	0,00462	112	1,8	0,00633
11.05.2010 11:30	123	4,3	0,00258	108	2,3	0,00327
11.05.2010 12:00	134	4,9	0,00214	111	1,9	0,00207
11.05.2010 12:30	138	4,9		112	2,3	0,00136
11.05.2010 13:00	158	4,7	0,00192	107	2,2	0,00140

3.4 Simulation des Windfelds und der Ausbreitung der Abgasfahne aus der Raffinerie Slovnaft

Die Raffinerie Slovnaft ist im Raum Bratislava eine markante Quelle von SO₂. Kaiser (2011) konnte zeigen, dass die SO₂-Messungen in Kittsee von einem Emittenten mit großer Schornsteinhöhe beeinflusst werden. Aufgrund der Windrichtungen, bei der erhöhte SO₂-Konzentrationen gemessen werden, kommen Emissionen aus der Raffinerie Slovnaft auch als Verursacher der SO₂-Spitze vom 11. Mai 2010 in Frage. In diesem Abschnitt wird daher die Ausbreitung der Abgasfahne aus der Raffinerie Slovnaft mit dem Lagrange'schen Partikelmodell LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol – Transport), Version 3.1 (Janicke, 2007) in Kombination mit den Windfeldern aus dem Nowcast-Modell INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis) der ZAMG simuliert.

3.4.1 Theoretische Grundlagen

Lagrange'sche Partikelmodelle simulieren eine Abgasfahne als Wolke kleiner Stoffteilchen (Partikel), wobei jedes Stoffteilchen eine bestimmte Masse eines Schadstoffs repräsentiert. Für jedes Teilchen werden der Transport unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Änderungen der Windverhältnisse und die turbulente Diffusion durch einen Zufallsprozess simuliert (Lagrange – Simulation). LASAT ist konform mit der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (Partikelmodell) und ist Grundlage des Ausbreitungsmodells AUSTAL 2000 der TA Luft (2002).

LASAT wurde für diverse Anwendungen mit einer Reihe von Testdatensätzen evaluiert. Zu diesen zählen das Prairie-Grass- und das Kopenhagen-Experiment, Experimente im komplexen Gelände und am Kernforschungszentrum Karlsruhe (z.B. Hirtl und Baumann-Stanzer, 2007, Hirtl et al., 2007, Baumann-Stanzer et al., 2008, Piringner und Baumann-Stanzer, 2009 und Schatzmann et al., 2010). Die statistischen Auswertungen der Rechengenauigkeit des Modells für verschiedene Ausbreitungsbedingungen können Janicke (2007) entnommen werden. Weitere Literatur zur Modellevaluierung finden sich unter www.janicke.de.

Im gegenständlichen Fall basiert LASAT auf den Windfeldern des Nowcast-Modells INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis). INCA ist ein an der ZAMG entwickeltes Analyse- und Kurzfristprognosesystem (Haiden et al., 2010, Haiden et al., 2007, Steinheimer und Haiden, 2007), das seit mehreren Jahren operationell im Bereich Kundenservice, Fachabteilung Wetter, eingesetzt wird. INCA beruht auf einer Kombination meteorologischer Felder des mesoskaligen meteorologischen Prognosemodells ALADIN mit allen verfügbaren meteorologischen Messungen. Unter Berücksichtigung eines Geländemodells werden Analysen und Kurzfristprognosen für Wind, Temperatur, Luftfeuchte, Bedeckungsgrad,

Niederschlag und abgeleitete meteorologische Größen mit einer räumlichen Auflösung von 1 km berechnet. Im gegenständlichen Fall wurden stündlich dreidimensionale Windfelder mit einer räumlichen Auflösung von 1 km berechnet und als Input für die Ausbreitungsrechnung mit LASAT verwendet. Berücksichtigt wurden Winddaten der TAWES-Stationen der ZAMG, die Messstellen der Niederösterreichischen und der Burgenländischen Landesregierung sowie die aus Abbildung 2.1 ersichtlichen Stationen in Ungarn und die slowakische Station Bratislava/Letsiko.

Für die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre ist daneben auch die vertikale Durchmischung der Atmosphäre (Turbulenz) von Bedeutung. Sie wird mittels Ausbreitungsklassen charakterisiert. Im gegenständlichen Fall wurden die Ausbreitungsklassen gemäß KTA 1508 (2006) aus dem vertikalen Temperaturgradienten aus dem INCA-Modell in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit bestimmt.

3.4.2 Emissionsdaten

Die Originalangaben zu den von Slovnaft der Burgenländischen Landesregierung zur Verfügung gestellten Emissionsdaten sind in Tabelle 3.4 zusammengestellt. Sie enthalten Angaben zur Schornsteinhöhe („Height (m)“) und zur Abgastemperatur („Exhaust temperature (°C)“), jedoch weder die genaue Lage der Schornsteine, noch Massenströme für das emittierte SO₂. Anstelle der tatsächlichen SO₂-Emission wurden den Berechnungen daher Emissionen eines fiktiven Tracers zugrunde gelegt. Die Modellrechnung gibt daher lediglich eine Information über die ungefähre Verlagerung der Abgasfahne (die genaue Lage der Schornsteine ist unbekannt), nicht aber über die Höhe der Immissionsbelastung.

Tabelle 3.4: Emissionsdaten der Raffinerie Slovnaft (Originalangaben des Betreibers).

Year: 2009				
Operator: Slovnaft, a.s.				
Source: Tepláreň				
Nr. of emitting point (EP)	Name of EP	Height (m)	Exhaust temperature (°C)	Measuring SO ₂
35	Chimney for boilers K1, K2, K3	100	180	continuously
36	Chimney for boilers K7, K8	80	180	continuously
37	Chimney for boilers K11-K14	50	NA	continuously
Mass flow of SO ₂ and exhaust gas flow we could not determine, because the emission values are based on continuous measurements.				

3.4.3 INCA Windfelder

Abbildung 3.14 enthält grafische Darstellungen der INCA-Windfelder für 10 m über Grund für ausgewählte Zeitpunkte. Die Lagen der Raffinerie Slovnaft sowie der Immissionsmessstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt sind durch ★ markiert. In Übereinstimmung mit den Messdaten (Tabellen 3.2 und 3.3) erkennt man die Zunahme der Windgeschwindigkeit im Raum Bratislava von 01:00 auf 02:00 Uhr; bis etwa 3 Uhr ändert sich das Windfeld nur geringfügig (ohne Abb.), danach dreht die Strömung im Raum Bratislava auf Nordost. Ab 07:00 zeigen die Windfelder ebenfalls in Übereinstimmung mit den Messungen neuerlich eine Zunahme der Windgeschwindigkeit im Raum Bratislava und ab 08:00 Uhr die allmähliche Drehung der Strömung auf östliche, ab 10:00 Uhr auf südöstliche Richtung.

Weniger gut ist die Übereinstimmung der Windfelder mit den Messdaten südlich von Bratislava/Kittsee im Bereich der Messstellen Neusiedl und Eisenstadt. Generell messen Neusiedl, besonders aber Eisenstadt im untersuchten Zeitraum niedrigere Windgeschwindigkeiten als Bratislava und Kittsee (Tabellen 3.2 und 3.3), was in den Windfeldern (Abb. 3.14) auch gut zum Ausdruck kommt. Bei der Windrichtungen gibt es allerdings gelegentlich Unterschiede zwischen Modell und Messung: So misst Neusiedl um 02:00 Uhr schwachen Wind aus Nordnordwest, das Modell gibt schwachen Wind aus Westsüdwest; danach stimmen Messung und Modell in Neusiedl bis etwa 07:00 Uhr gut überein, ab 08:00 Uhr zeigt die Messung eine raschere Drehung des Windes auf Ost bis Ostsüdost, während das Modell noch Wind aus Nordost bis Ostnordost gibt.

Erwartungsgemäß – infolge des Einflusses lokaler Windsysteme, siehe Abschnitt 3.3.1 – treten die größten Unterschiede zwischen Messung und Modell in Eisenstadt auf: Um 01:00 Uhr gibt das Modell Wind aus Nordwest, die Messung Nordnordostwind, vor allem aber zeigen die Messungen schon um 06:00 Uhr schwachen Wind aus Ost (Modell: schwachen Westwind!) und ähnlich wie für Neusiedl erfolgt im Modell die Winddrehung auf Ostsüdost später als in der Realität.

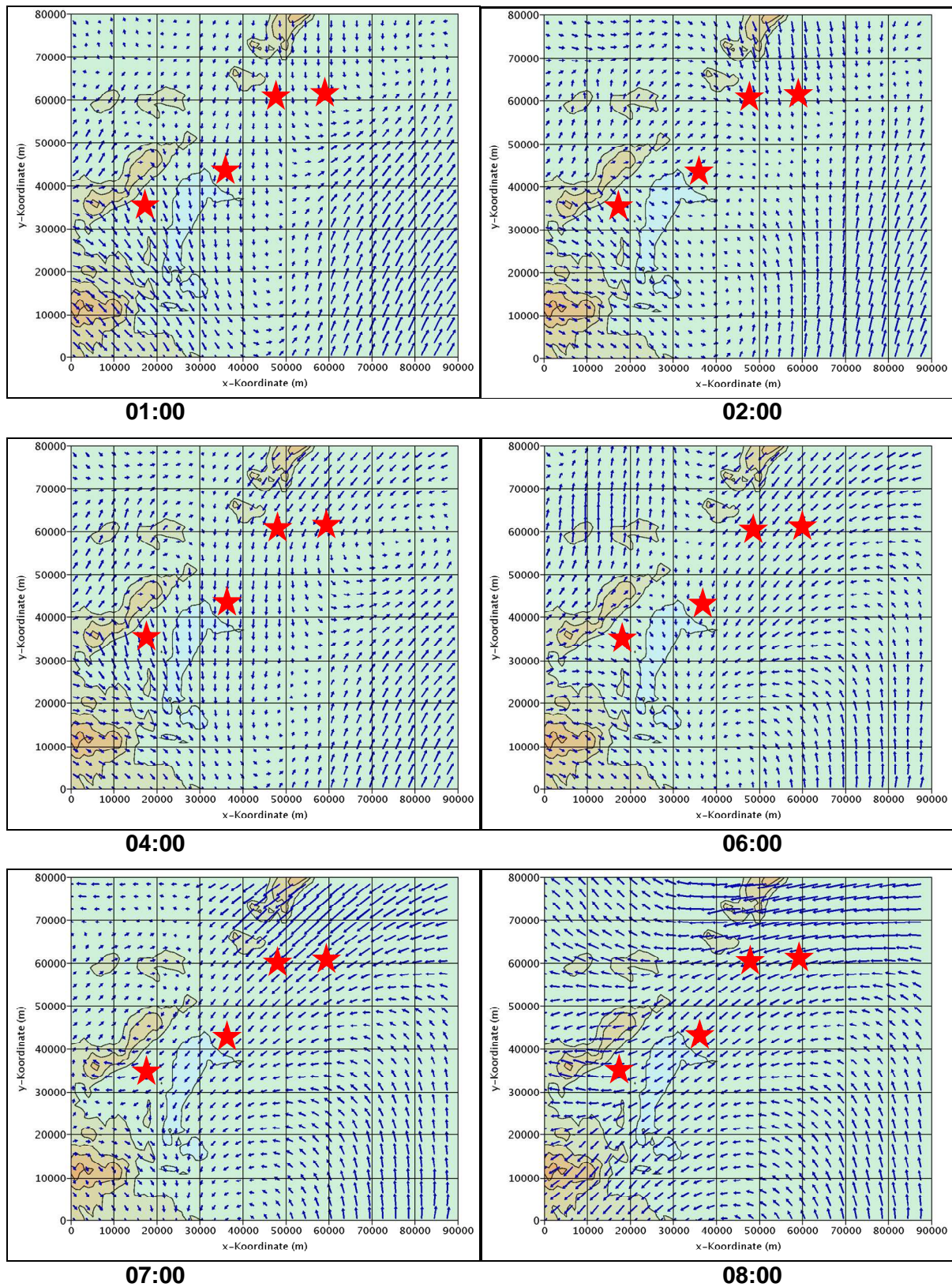


Abbildung 3.14: INCA-Windfelder für 11. Mai 2010 (ausgewählte Zeitpunkte). ★ bezeichnet die Lagen der Raffinerie Slovnaft und der Messstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt.

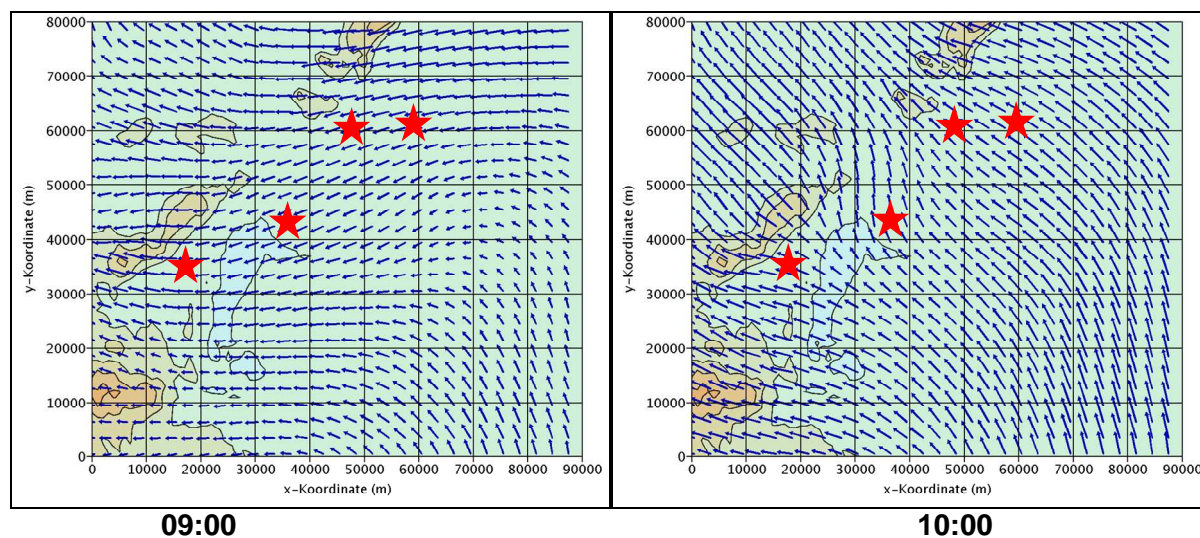


Abbildung 3.14 (Fortsetzung): INCA-Windfelder für 11. Mai 2010 (ausgewählte Zeitpunkte).

★ bezeichnet die Lagen der Raffinerie Slovnaft und der Messstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt.

3.4.4 Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung

Abbildung 3.15 enthält grafische Darstellungen der mit dem LASAT-Modell simulierten Ausbreitung der Abgasfahne der Raffinerie Slovnaft für ausgewählte Zeitpunkte und Höhengniveaus über Grund. Die Lagen der Immissionsmessstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt sind durch ★ markiert, jene der Raffinerie Slovnaft ist aus dem Ursprung der Abgasfahne ersichtlich. Die Konzentrationsangaben erfolgen in Prozent relativ zu einer fixen, fiktiv vorgegebenen Immissionskonzentration. Da die Höhe der SO₂-Emission nicht bekannt ist, ist eine direkte Angabe der berechneten Immissionskonzentration nicht möglich. Weiters beinhalten die Modellsimulationen Unsicherheiten weil das Windfeldmodell die tatsächlichen Windverhältnisse glättet und keine Unterlagen über die genaue Lage der Schornsteine auf dem Gebiet der Raffinerie vorliegen. Die Simulationsergebnisse stellen daher kein exaktes Abbild der Wirklichkeit dar. Mit ihrer Hilfe kann aber die Plausibilität der Auswertungen der Zeitreihen aus Abschnitt 3.3 überprüft werden.

Bis in die frühen Morgenstunden kann die Abgasfahne infolge der stabilen Schichten den Boden nicht erreichen, in größerer Höhe über Grund verlagert sie sich in südliche bis südsüdwestliche Richtung (Abbildung 3.15 enthält als Beispiele die Darstellungen für 04:00 und 06:00 Uhr). Erst ab etwa 07:00 Uhr ist die vertikale Durchmischung so weit fortgeschritten, dass die Abgasfahne allmählich zum Boden vordringen kann. Ab etwa 08:00 Uhr gibt es nur

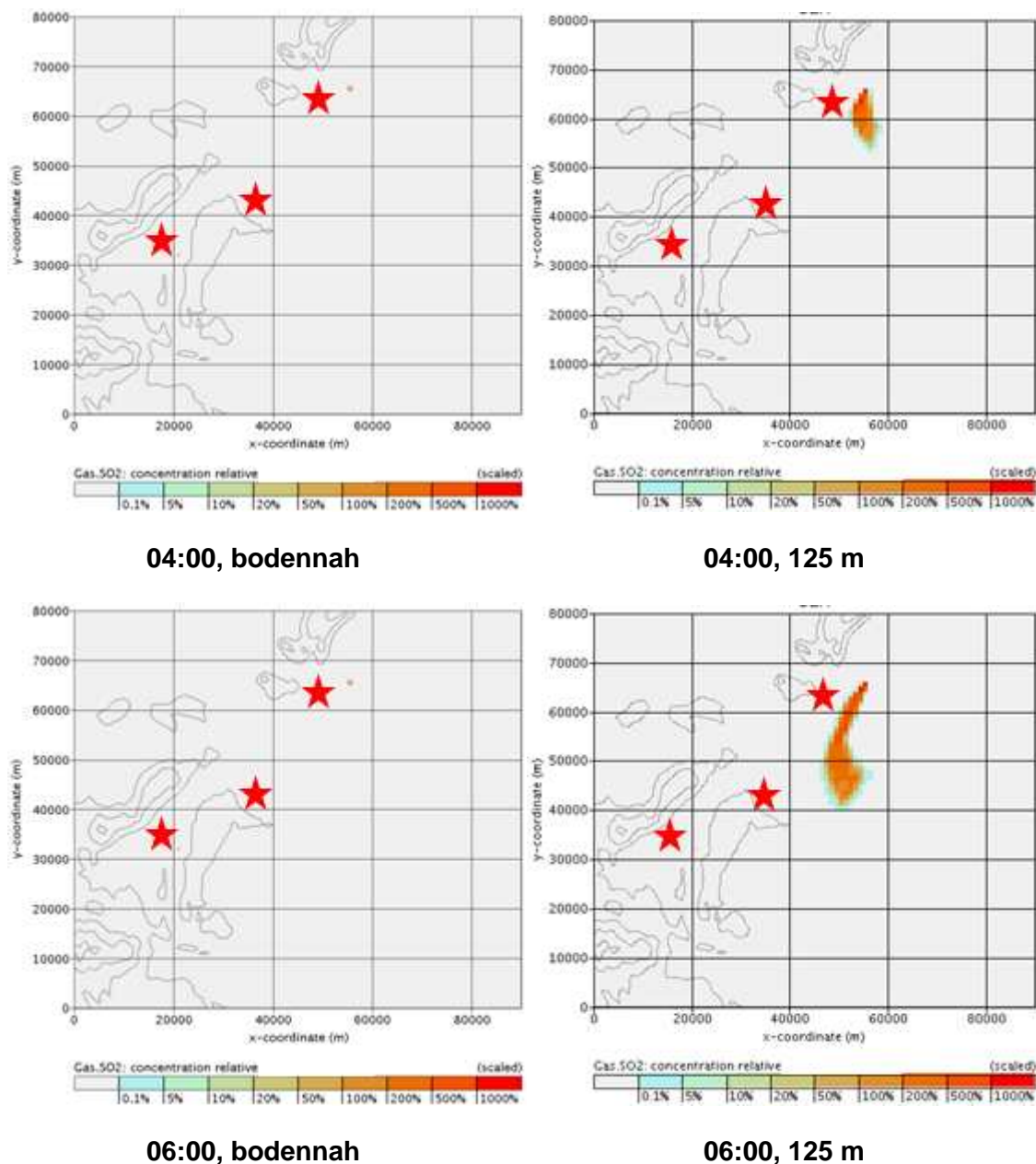
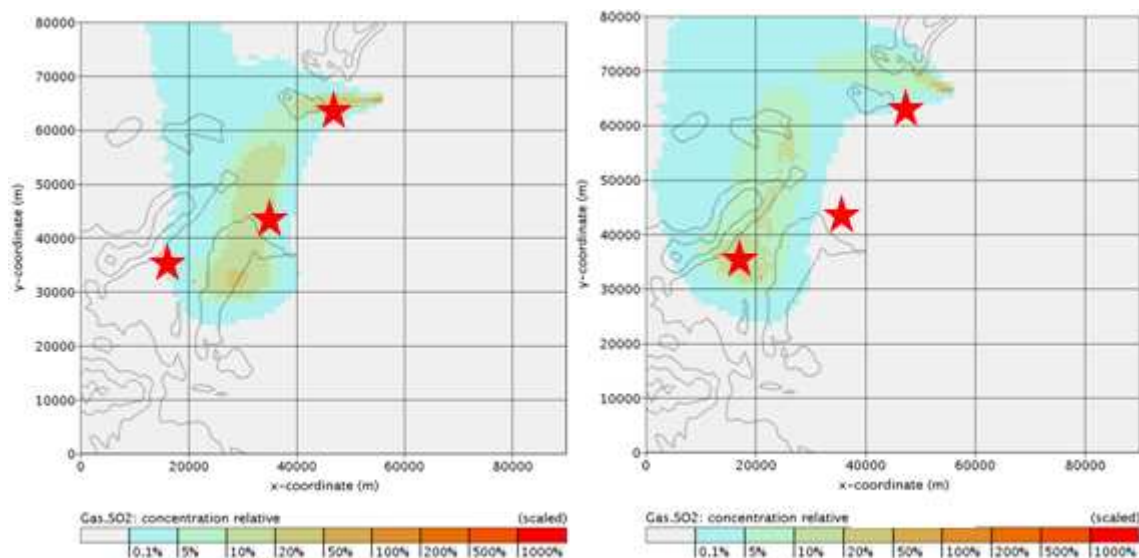


Abbildung 3.15: Relative Konzentrationsfelder, verursacht durch Emissionen aus der Raffinerie Slovnaft für 11. Mai 2010 (ausgewählte Zeitpunkte). ★ bezeichnet die Lagen der Messstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt.

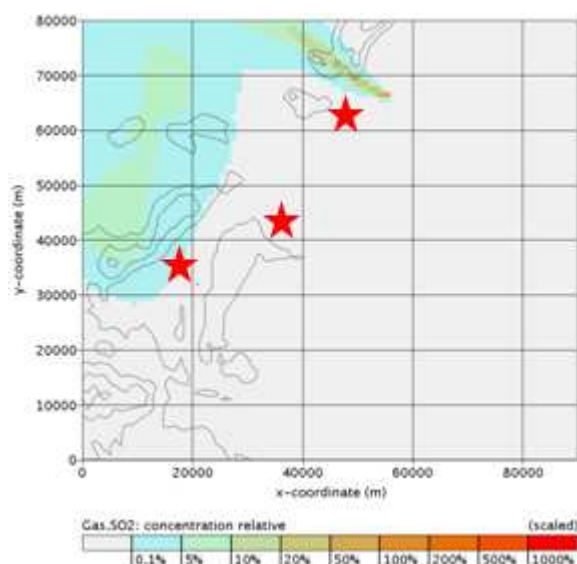
mehr geringe Unterschiede zwischen der Belastung in Bodennähe und in höheren Luftschichten, im Folgenden wird nur mehr die Abgasfahne in Bodennähe dargestellt.

Nur geringfügig früher, als es den Messungen entspricht, wird Kittsee von der simulierten Abgasfahne erfasst, umgekehrt erreicht die simulierte Abgasfahne Neusiedl und Eisenstadt erst mit zeitlicher Verzögerung verglichen mit den Messungen. Das verspätete Eintreffen der simulierten Abgasfahne in Neusiedl und Kittsee kann aus den Unterschieden zwischen dem Windfeldmodell und den Windmessungen recht plausibel erklärt werden: Tatsächlich dreht der



09:00, bodennah

10:00, bodennah



11:00, bodennah

Abbildung 3.15 (Fortsetzung): Relative Konzentrationsfelder, verursacht durch Emissionen aus der Raffinerie Slovnaft für 11. Mai 2010 (ausgewählte Zeitpunkte). ★ bezeichnet die Lagen der Messstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt.

Eindeutig zeigt Abbildung 3.15, dass Neusiedl und Eisenstadt noch deutlich von der Abgasfahne aus der Raffinerie Slovnaft beaufschlagt werden. In Ermangelung von Angaben zur SO₂-Emission kann zwar die simulierte Konzentration nicht direkt mit den Messungen verglichen werden. Anhand der Verhältnisse der gemessenen SO₂-Spitzen an den betrachteten Messstellen zueinander, sowie an den entsprechenden Verhältnissen der simulieren fiktiven Immissionsbelastung kann jedoch größenordnungsmäßig überprüft werden, ob die Verdünnung der simulierten Abgasfahne auf ihrem Weg zu den Messstellen mit den Messungen ungefähr in Einklang steht. Entsprechende Angaben sind in den Tabellen 3.5 für die Messungen und 3.6 für

die Simulation zusammengefasst: In Neusiedl war die gemessene SO₂-Spitze nur mehr rund halb so hoch wie jene in Kittsee, in Eisenstadt wurden nur mehr knapp 30 % der in Kittsee gemessenen SO₂-Spitze erreicht (Tab. 3.5). Gemäß Modellrechnung beträgt die höchste SO₂-Konzentration für Neusiedl bis zu rund 40 %, für Eisenstadt bis rund 20 % bezogen auf die berechnete SO₂-Spitze in Kittsee (Tabelle 3.6). In Anbetracht der Unsicherheiten der Modellsimulation – keine genaue Angaben über die Lage der Schornsteine, Ungenauigkeiten im Windfeld im Bereich Neusiedl und Eisenstadt, daher Abweichungen zum tatsächlichen Eintreffen der Abgasfahne, d.h. es hat dann auch eine andere vertikale Durchmischung geherrscht als tatsächlich – muss dies als gute Übereinstimmung zwischen Modellrechnung und Messung interpretiert werden. Weitere Unsicherheiten resultieren zudem aus der Messung selbst: Bei sehr kurzen Konzentrationsspitzen wie in diesem Fall in Kittsee hat der Mittelungszeitraum (der Momentanwerte zu Halbstundenmittelwerten) einen großen Einfluss auf die Messgröße. Die Relationen der an den drei Messstellen gemessenen SO₂-Spitzen zueinander können daher weitgehend aus der Verdünnung der Abgasfahne aus dem Bereich der Raffinerie Slovnaft auf ihrem Weg zu den Messstellen erklärt werden. Die Modellrechnungen bestätigen daher die Ergebnisse der Analysen der gemessenen Daten: Die an den drei Messstellen gemessenen SO₂-Spitzen sind im wesentlichen auf Emissionen aus dem Bereich der Raffinerie Slovnaft oder aus deren unmittelbarer Nähe zurück zu führen. Ein großräumiger Ferntransport war daran nicht beteiligt.

Tabelle 3.5: Gemessene SO₂-Spitzen in Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt absolut (mg/m³) und relativ zu Kittsee (%).

	SO ₂ gemessen	
	mg/m ³	Relativ zu Kittsee (%)
Kittsee	0,24234	100
Neusiedl	0,12015	49,579
Eisenstadt	0,07065	29,153

Tabelle 3.6: Berechnete Immissionsspitzen in Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt (% einer fiktiven Konzentration) und relativ zu Kittsee (%).

	Immission berechnet	
	% einer fiktiven Konzentration	Relativ zum Kittsee (%)
Kittsee	50	100
Neusiedl	10-20	20-40
Eisenstadt	5-10	10-20

In Übereinstimmung mit den Messungen zeigt die Modellsimulation auch, dass die weiter im Süden gelegenen ungarischen Messstellen von der Abgasfahne nicht erreicht werden.

3.5 Zusammenfassung

Von 9. Bis 13. Mai wurden in Kittsee auffällig hohe SO₂-Spitzen gemessen, wobei am 11. Mai 2010 während der frühen Morgenstunden kurzzeitig der im IG-L (2010) angeführte Halbstundenmittelwert von 200 µg/m³ überschritten wurde. Die Station Kittsee wurde bewusst zur Erfassung grenzüberschreitender Schadstofftransporte eingerichtet und wird stark von SO₂-Emissionen aus der Raffinerie Slovnaft in Bratislava beaufschlagt (Kaiser 2011). Der Anstieg der SO₂-Konzentration setzte am 11. Mai 2010 zuerst an den südlich von Kittsee gelegenen Messstellen Neusiedl/See und Eisenstadt ein. In der vorliegenden Arbeit war daher zu untersuchen, ob die SO₂-Spitze in Kittsee vom 11. Mai 2010 möglicherweise nicht alleine auf Emissionen aus dem Raum Bratislava, sondern auf ein Zusammenwirken von großräumigem Ferntransport aus Südost und regionalen Emissionen aus Bratislava zurückzuführen sein könnte.

Anhand von Vergleichen mit langjährigen SO₂-Messreihen aus Kittsee, Hainburg und Stixneusiedl konnte gezeigt werden, dass auch im Zeitraum von 9. bis 13. Mai 2010 dieselben Emittenten an den SO₂-Spitzen beteiligt waren wie üblich: Die SO₂-Spitzen im Zeitraum von 9. bis 13. Mai traten bei genau jenen typischen Windrichtungen auf, bei denen auch sonst erhöhte SO₂-Konzentrationen gemessen werden. Allerdings zählen die im Mai 2010 gemessenen SO₂-Spitzen in Kittsee zu den höchsten im gesamten Zeitraum von 2005 bis Mai 2010 gemessenen Konzentrationen. Möglicherweise war die Emission aus den bekannten Emittenten erhöht.

Die SO₂-Messungen an drei deutlich weiter im Süden bzw. Südosten gelegenen ungarischen Stationen wiesen im Zeitraum von 9. bis 13. Mai 2010 keine erhöhten Werte auf. Ein sonst für die Region typischer Ferntransport von SO₂ aus Südost scheidet daher als (Mit-)Verursacher der SO₂-Spitzen im Burgenland aus.

Anhand von Zeitreihenanalysen meteorologischer Messdaten und Simulationen der Abgasfahne der Raffinerie Slovnaft mit dem Lagrange-Partikeldiffusionsmodell LASAT, basierend auf räumlich hochaufgelösten Windfeldern aus dem Nowcastmodell INCA, konnte gezeigt werden, dass am 11. Mai nachts bei stabiler Schichtung die Abgasfahne zunächst in höheren Luftschichten nach Süden transportiert wurde. Während der Morgenstunden konnte im Zuge der einsetzenden vertikalen Durchmischung der Atmosphäre die Abgasfahne auch bodennahe Luftschichten erreichen und wurde mit Winddrehung zunächst auf Ost, dann auf Südost von Ost nach West über das Untersuchungsgebiet hinweggeführt. Die aus der Simulationsrechnung abgeschätzte Verdünnung der Abgasfahne auf ihrem Weg zu den betroffenen Messstellen passt größenordnungsmäßig gut zur Höhe der gemessenen SO₂-

Spitzen an den Messstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt. Die SO₂-Spitzen an den Messstellen Kittsee, Neusiedl und Eisenstadt vom 11. Mai 2010 lassen sich daher weitgehend aus Emissionen aus dem Bereich der Raffinerie Slovnaft oder aus deren unmittelbaren Umgebung erklären.

4 Literatur

- Baumann-Stanzer, K., M. Piringer, E. Polreich, M. Hirtl, E. Petz, M. Bügelmayr, 2008: User experience with model validation exercises. Ext. abstract of the 12th Int. Conf. on harmonization within atmospheric dispersion modeling for regulatory purposes, Cavtat, Croatia, 6 – 10 Oct. 2008. In: Croatian Meteorological Journal 43, Vol. 1, 52 – 56, ISSN 1330-0083.
- Böhmer, S., B. Gugele, A. Kaiser, E. Petz, H. Scheifinger, W. Spangl, J. Schneider, D. Wappel, C. Nagl (2007): Einfluss von Punktquellen auf die Luftqualität in Nordostösterreich – Endbericht im Auftrag der OMV, Umweltbundesamt, REP 0105.
- Haiden, T., A. Kann, C. Wittmann, G. Pistotnik, B. Bica, C. Gruber (2010): The Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) System and Its Validation over the Eastern Alpine Region. *Weather and Forecasting*, Volume 26, Issue 2, pp. 166-183. doi: 10.1175/2010WAF2222451.1
- Haiden, T., A. Kann, K. Stadlbacher, M. Steinheimer, and C. Wittmann, 2007: Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) - System overview. ZAMG Documentation, 49p. http://www.zamg.ac.at/fix/INCA_system.doc
- Heimann, D (2001): Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Physik der Atmosphäre. Ausbreitung von Spurenstoffen bei Schwachwindlagen, Expertise zu AUSTAL2000. März 2001.
- Hirtl, M. and K. Baumann-Stanzer, 2007: Evaluation of two dispersion models (ADMS-Roads and LASAT) applied to street canyons in Stockholm, London and Berlin. *Atmos. Env.* 41, 5959 – 5971.
- Hirtl, M., K. Baumann-Stanzer, A. Kaiser, E. Petz, G. Rau, 2007: Evaluation of three dispersion models for the Trbovlje power plant, Slovenia. Proc. of the 11th Int. Conf. on harmonization within atmospheric dispersion modeling for regulatory purposes, Cambridge, UK, 2 – 5 July 2007, 21 – 25.
- 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.
- Janicke, U. (2007): Dispersionmodel LASAT. Reference/Working Book for Version 3.0.
- Kaiser, A. (2011): Endbericht über die meteorologischen Sondermessungen an der Immissionsmessstelle Kittsee der Burgenländischen Landesregierung. Im Auftrag des Umweltbundesamts Wien, der Ämter der Burgenländischen und der Niederösterreichischen Landesregierung. ZAMG, Zl.: 4318/05-U.
- KTA 1508 (2006): Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre. Sicherheitstechnische Regel des KTA, Fassung 11/06.
- Piringer, M., K. Baumann-Stanzer, 2009: Selected results of a model validation exercise. *Adv. Sci. Res.* 3, 13 - 16.

Schatzmann, M., H. Olesen and J. Franke (Eds), 2010: COST 732 model evaluation case studies: approach and results. 121 pp. COST Office Brussels, ISBN: 3-00-018312-4.

Steinheimer, M., and T. Haiden, 2007: Improved nowcasting of precipitation based on convective analysis fields. Adv. Geosci., 10, 125-131.

TA Luft (2002): Aktuelle Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an den Anlagenbetreiber. Dr. Dieter Jost. WEKA Fachverlag für technische Führungskräfte G.m.b.H.; Stand Oktober 2002.

VDI 3945 (2000): Umweltmeteorologie, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle Partikelmodelle. Blatt 3, September 2000.

VDI 3945 Blatt 3 (09/2000) „Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Partikelmodell“, Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss.

VDI 3782 (2009), Blatt 1: Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung.