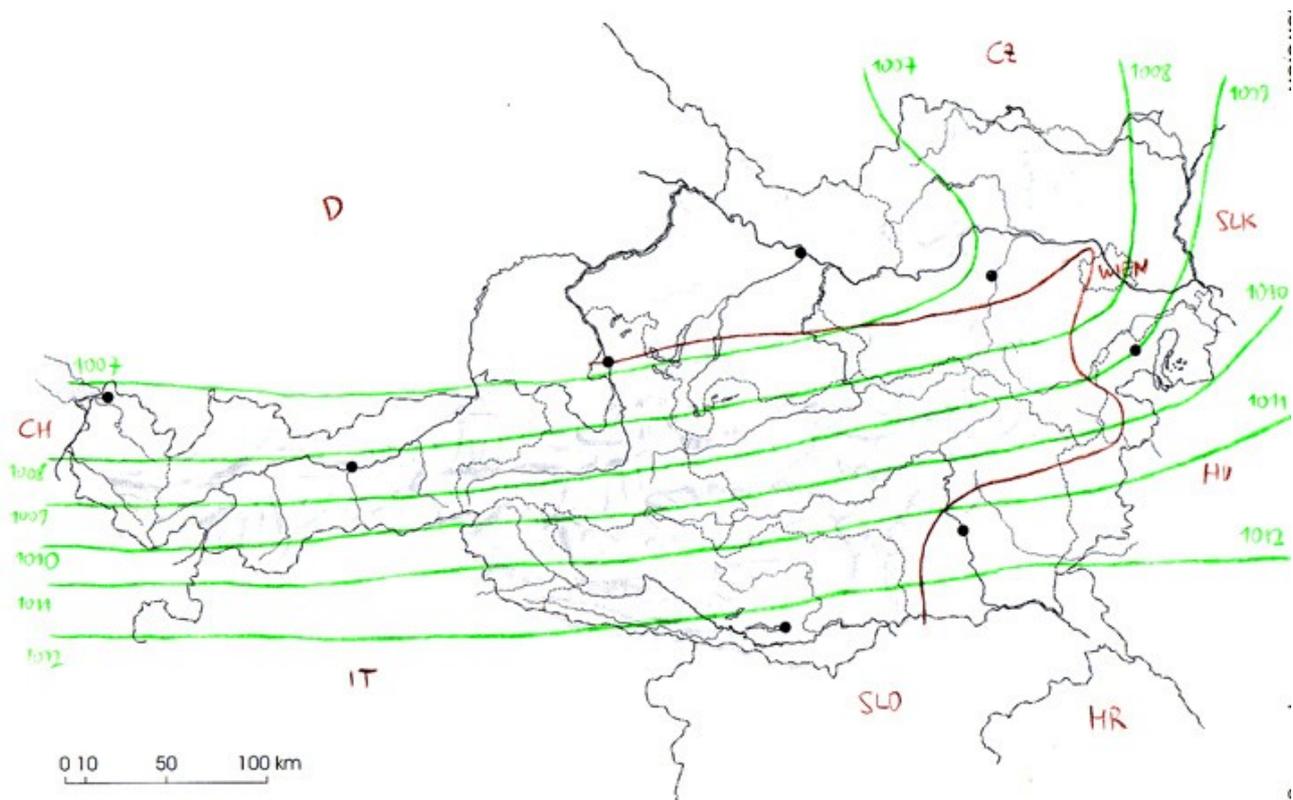


„Vortex Vindobonensis“ - eine Erklärung von Georg Pistotnik

Zu meiner Studienzeit wurde bei den Wetterbesprechungen auf der Uni die regelmäßige Wiederkehr dieses Phänomens bemerkt, und der Synoptik-Professor prägte den Namen "Vortex vindobonensis" (lateinisch für "Wiener Wirbel"), der sich allmählich per Mundpropaganda in den heimischen Meteorologenkreisen verbreitete und festigte. Obwohl damals immer wieder angeregt wurde, dieses Phänomen klimatologisch zu untersuchen (etwa auch im Rahmen einer Diplomarbeit), wurde es - abgesehen von einer Posterpräsentation bei einem MAP-Meeting - nie näher erforscht. Das Wissen existiert also leider bloß in den Köpfen von ein paar Handvoll Meteorologen, die jede neue Wiederkehr dieses Vortex mit großem Interesse und Faszination verfolgen. Einer davon bin ich. :-)

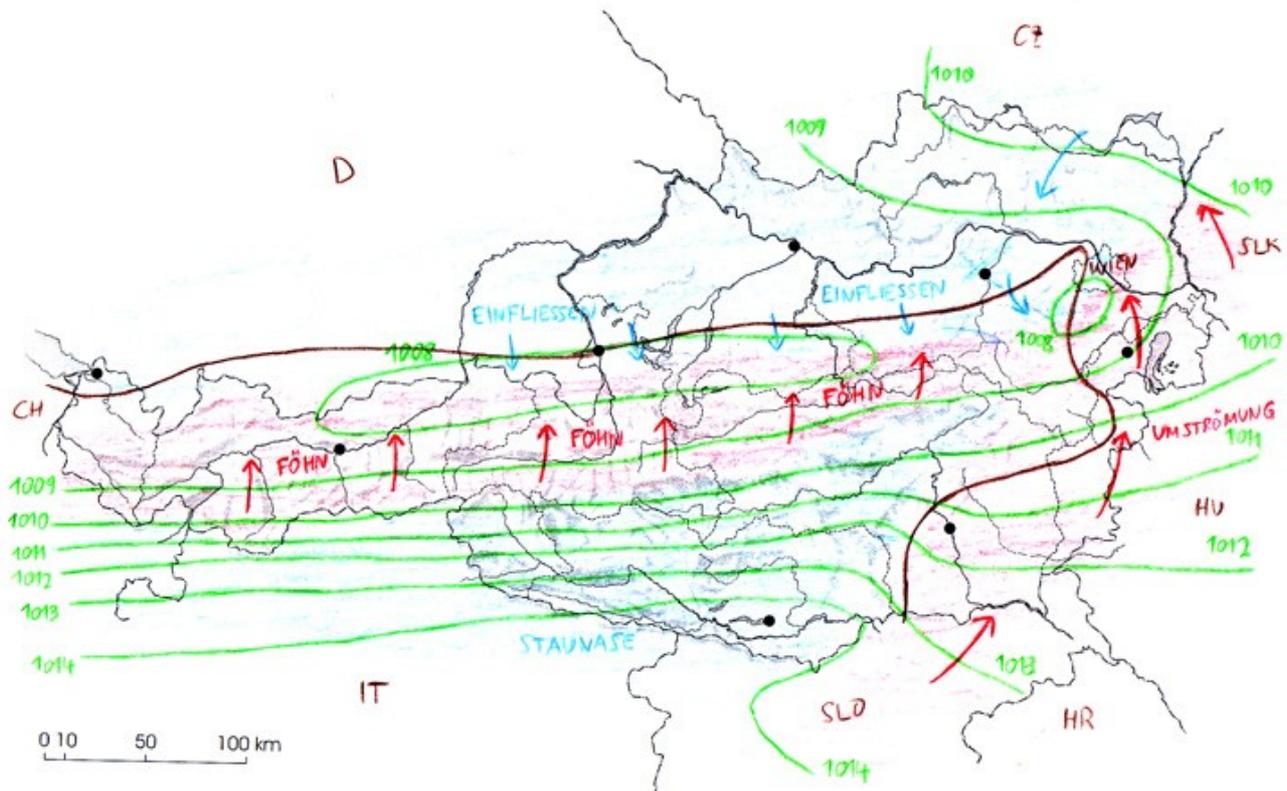
Wenn man das Wesentliche auf wenige Worte reduzieren möchte, dann handelt es sich beim Vortex vindobonensis um ein mesoskaliges Leetief, das regelmäßig bei Südföhnlagen (und zwar bevorzugt gegen Ende) nordöstlich der Alpen, also im Wiener Raum, entsteht. Damit die folgenden Erklärungen nicht zu trocken und unanschaulich werden, habe ich mich ins Zeug gelegt und zwei fiktive Bodenwetterkarten von Österreich gezeichnet, die die Entstehung des Vortex illustrieren sollen.

Die erste Karte zeigt eine typische großräumige Luftdruckverteilung während einer solchen Südföhnlage. Zwecks besserer Übersichtlichkeit habe ich die Isobaren in grün eingezeichnet. Die braune Linie trennt schematisch den Alpenbereich von den Alpenvorländern ab.



Der Luftdruck ist an der Alpensüdseite höher als an der Alpennordseite. Infolgedessen greift der Südwind in vielen nordalpinen Tälern als Föhn durch. Andererseits umströmt ein Teil der Luft den Alpenbogen rund um dessen Ostende, sodass es auch dort kräftigen Süd- bis Südostwind gibt. Man sieht in der Karte, dass das Druckfeld im Wiener Raum in solchen Situationen von Vornherein also bereits zyklonal gekrümmt ist.

Die bei Föhnlagen aufgleitende Warmluft tut sich in der kälteren Jahreszeit naturgemäß sehr schwer, die (nächtlichen) Kaltluftseen auszuräumen. Bei ausreichend starken Druckgegensätzen setzt sie sich einerseits als Föhn in den Tälern an der Alpennordseite durch, andererseits erodiert sie auch östlich der Alpen im Bereich des maximalen Druckgradienten langsam die Kaltluft weg und setzt sich bis zum Boden durch. Hingegen bleibt südlich der Alpen ein vom Gebirge blockiertes und entsprechend windschwaches Kaltluftkissen zurück, und auch nördlich der Alpen, wo fast kein Druckgradient vorhanden ist, bleiben die Kaltluftseen zumeist unberührt. Die resultierende Temperaturverteilung könnte so aussehen wie in meiner zweiten Karte skizziert:



Hier habe ich zusätzlich zu den Eintragungen aus der ersten Karte auch noch die Bereiche mit Warmluft (rot) und Kaltluft (blau) schraffiert sowie die Auswirkungen dieser Luftmassenverteilung auf das Druckfeld berücksichtigt. Im wesentlichen habe ich dort, wo die Kaltluft liegenbleibt, etwa 2 hPa auf das Druckfeld in der "gleich temperierten Ausgangslage" aus der ersten Karte draufgeschlagen - das ist der Erfahrung nach realistisch. Infolgedessen ist also einerseits der Luftdruck an der Alpensüdseite höher als zuvor (das verstärkt die Föhn Tendenzen, ist aber hier nicht weiter interessant), andererseits jedoch auch im nördlichen Alpenvorland, wodurch das Leetief auf einen schmalen Streifen entlang des unmittelbaren Alpennordrandes zusammengequetscht wird.

Die Pfeile in der Karte zeigen die typischen Windverhältnisse, die man angesichts des Druckgradienten leicht nachvollziehen kann: In den Nordalpentälern weht Südfohn, und östlich der Alpen hat sich ebenfalls Südwind bis zum Boden durchgesetzt, der im Gegensatz zur trockenen Wärme der Föhngebiete nicht nur warm, sondern auch sehr feucht und oft bis in den Oktober oder sogar November hinein geradezu schwül ist, da die Luftmasse ja von der Adria kommt und (fast) kein Gebirge übersteigen muss. An der Grenze des föhnigen Streifens zu den Kaltluftseen im nördlichen Alpenvorland hat man typischerweise Einfließen der seichten Kaltluft, also schwache Taleinwinde aus nördlicher Richtung.

Die Beobachtung, dass sich vom länglichen Leetief an der Alpennordseite bevorzugt ein eigenständiger Kern am östlichen Rand abschnürt (eben der besagte Vortex vindobonensis), habe

ich in der Karte bereits mit der geschlossenen Isobare knapp südlich von Wien berücksichtigt. Bei der Suche nach einer Antwort auf die Frage, warum das so ist, fangen die Spekulationen an. Ich habe mir im Verlauf der Jahre einige Hypothesen zurechtgelegt, von denen mir zwei plausibel genug erscheinen, um sie hier zu erwähnen - wer ausschließlich an der Phänomenologie interessiert ist und Angst hat, durch die Hintergründe überfordert zu werden, kann diesen Einschub auch überlesen.

[Einschub]

Einerseits könnte in den engen Alpentälern ein recht geringer Massenfluss, also ein relativ schwaches Einströmen der seichten Kaltluft aus Norden ausreichen, um das Föhntief schneller aufzufüllen als im flachen Wiener Becken, wo bis zu einem gewissen Grad eine geostrophische Anpassung stattfindet, die Winde also zyklonal zum tiefen Druck strömen und das Auffüllen verlangsamen. Tatsächlich lässt sich bei einem voll entwickelten Vortex vindobonensis oft ein schönes zyklonales Windfeld beobachten (no na, sonst wäre es ja kein "Vortex") - in wie weit das aber tatsächlich auf eine teilweise geostrophische Anpassung hinweist oder einfach nur eine Konzentration des, wie weiter oben geschildert, von vornherein bereits zyklonalen Druck- und Windfeldes ist, lässt sich natürlich nicht trennen.

Die zweite Hypothese fusst darauf, dass sich ein voll entwickelter Vortex oft erst dann ausbildet, wenn sich die Föhnlage bereits dem Ende zuneigt (wenn also z.B. in Innsbruck der Föhn bereits zusammenbricht). Es könnte also auch das Vordringen der nachfolgenden Kaltfront für einen beginnenden Druckanstieg aus Westen und so für das Überbleiben des abgeschlossenen Tiefzentrums am östlichen Ende der Alpen verantwortlich sein.

Diese beiden Hypothesen schließen einander keineswegs aus, sondern können einander sogar sehr gut ergänzen, indem die näherrückende Kaltfront schon vor ihrer Ankunft den Kaltluftsee im nördlichen Alpenvorland südostwärts zu "schieben" beginnt, das Einfließen in die zuvor noch föhnigen Alpentäler verstärkt und das Föhntief zunehmend auffüllt.

[Einschub Ende]

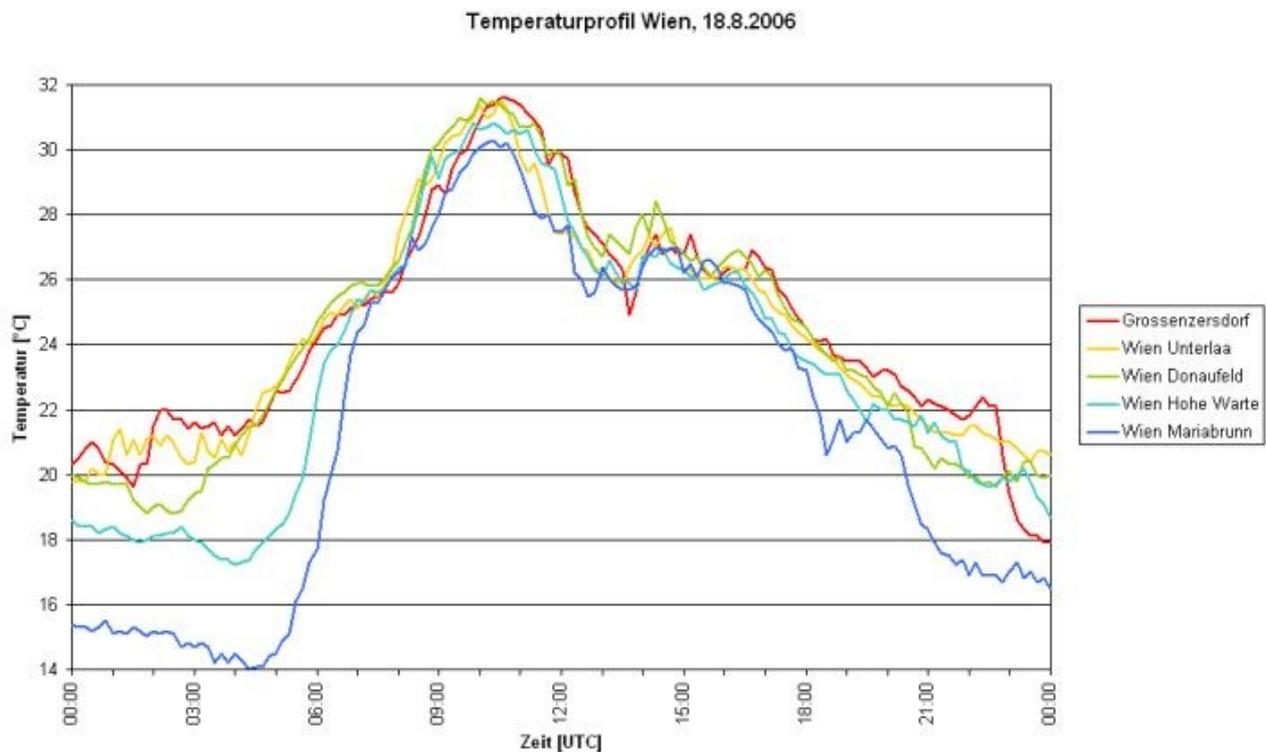
Wie auch immer, der Vortex ist ein regelmäßiger Gast an föhnigen Tagen und entsteht fast immer über den Alpenausläufern südwestlich von Wien, von wo er meist langsam nordostwärts wandert, in vielen Fällen also genau über das Wiener Stadtgebiet. Sein Kern verbleibt dabei stets exakt an der Luftmassengrenze zwischen der feuchtwarmen Mittelmeerluft und der Stirn des seichten Kaltluftsees aus dem nördlichen Alpenvorland. Logisch: Dort, wo die Warmluft vordringt und sich bis zum Boden durchsetzt, sinkt der Luftdruck um die erwähnten rund 2 hPa, und dort, wo die Kaltluft wieder vorstößt, steigt er um einen ähnlichen Betrag. Das Leetief, dessen Entstehung eigentlich keine (!) inhomogene Luftmasse, sondern bloß Absinken und isentrope Erwärmung von Höhenluft erfordert, entwickelt also plötzlich ein Eigenleben aufgrund des horizontalen Luftmassengegensatzes, bildet seichte mesoskalige Warm- und Kaltfronten aus und zeigt also in seiner Miniatur Eigenschaften, wie man sie auch von "synoptischen" Tiefs kennt. Das ist für mich das Faszinierendste an diesem Wetterphänomen!

Diese Wirbel ziehen also zumeist nordostwärts (manchmal auch ost- oder nordwärts, je nach Höhenströmung, Verhalten der Luftmassengrenze und anderen Faktoren) und lassen sich in den Stationsmeldungen nicht selten bis nach Tschechien, in die Slowakei und im Extremfall sogar bis nach Polen verfolgen. Das Weiterleben aufgrund des Temperaturgegensatzes erklärt einerseits die oft stundenlange Lebensdauer, andererseits auch den Umstand, dass ein ausgewachsener Vortex ausschließlich ein Herbst- und Winterphänomen ist, obwohl sich auch im Sommer an jedem Föhntag ein "Vortex-Embryo" im Wiener Raum bildet. Aber in der warmen Jahreszeit ist der

nächtliche Kaltluftsee zu schwach ausgeprägt und die Sonneneinstrahlung zu stark, sodass schon im Verlauf des Vormittags die Kaltluft weggeheizt wird und sich aufgrund der gleichförmigen Temperaturverhältnisse eine Druckverteilung eher wie jene aus der ersten Karte einstellt, also mit zwar zyklonalen Ansätzen im Wiener Raum, aber weit entfernt von einem abgeschlossenen Wirbel.

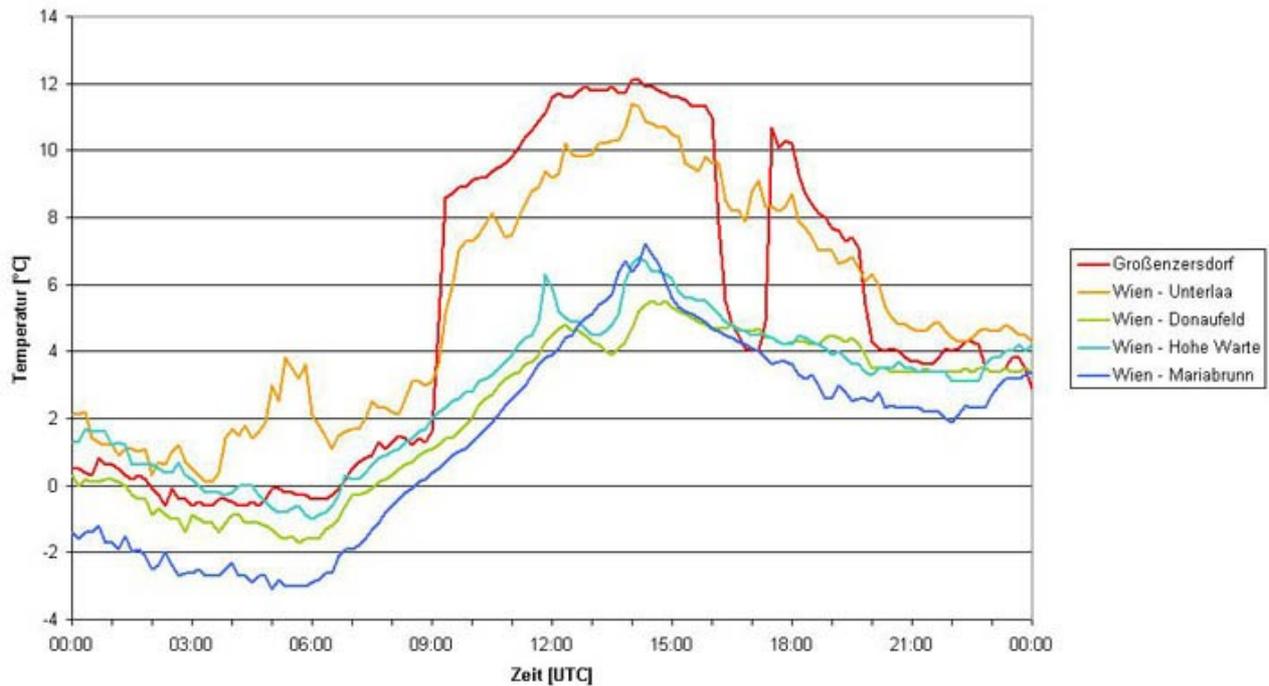
Wie man sich anhand der zweiten Karte vorstellen kann, herrscht im "Warmsektor" an der Süd- und Ostflanke dieses Wirbels starker, warmer Südwind, während von den anderen Seiten die seichte Kaltluft mit deutlich geringeren Geschwindigkeiten in Richtung des Tiefzentrums strömt. Liegt der Vortex so wie in der Karte dargestellt und zieht nordostwärts, dann ist es also gut möglich und kommt tatsächlich nicht selten vor, dass in den westlichen und nördlichen Teilen Wiens der schwache Wind bei anhaltend tiefen Temperaturen von Ost über Nord auf West dreht, während sich gleichzeitig der feuchtmilde Südwind in den südlichen und östlichen Stadtteilen durchsetzt, bis sie schließlich ebenfalls wieder von der Kaltluft aus Westen geflutet werden.

Hier habe ich noch zwei Diagramme für jeweils einen typischen sommerlichen und winterlichen Fall erstellt. Die Stationen legen ein Profil von Westen (Mariabrunn) nach Osten (Grossenzersdorf) durch das Stadtgebiet.



Am 18.8.2006 herrschte eine der seltenen hochsommerlichen Föhnlagen in Österreich. Noch über Nacht bildete sich ein Vortex über Wien, und der warme Südwind setzte sich in den östlichen Stadtteilen durch und stoppte die weitere Abkühlung. Um 5:00 UTC, also etwa zu Sonnenaufgang, erreichte der Temperaturgegensatz seinen Höhepunkt mit jeweils windstillen 14°C in Mariabrunn und 18°C auf der Hohen Warte, hingegen bereits windigen 22°C an den östlichen Stationen. Infolge des fast wolkenlosen Himmels und einer trockenen, klaren Luftmasse konnte die Sonne den Kaltluftsee jedoch innerhalb weniger Stunden wegheizen; bis 8:00 UTC glichen sich die Temperaturen überall an, der Süd- bis Südostwind erfasste das gesamte Stadtgebiet und der Vortex ging zugrunde. Gegen 11:00 UTC zog ein trockener Kaltfrontausläufer mit Winddrehung auf West und leichter Abkühlung durch; auch in diesem Fall schien also die Kaltfrontannäherung die Bildung des Wirbels begünstigt zu haben.

Temperaturprofil Wien, 20.02.2006



Der winterliche Fall vom 20.2.2006 zeigt, wie zu erwarten, stärkere und vor allem deutlich längerlebige Temperaturgegensätze über Wien: Der tiefe Sonnenstand, dichte hohe Wolkenfelder und eine kalte Vorgeschichte mit Schneeresten verhinderten die Auflösung bzw. Verdrängung des Kaltluftsees. Der Westen und Norden Wiens verblieben also den ganzen Tag lang in der Kaltluft, während sich im Osten und Süden der Stadt für etliche Stunden die Warmluft durchsetzen konnte (wenn auch in Großenzersdorf mit einer erstaunlichen Unterbrechung).

Ich habe an einem anderen Vortex-Tag im Dezember 2006 in einer solchen Situation einmal tatsächlich erlebt, wie die Temperatur gleich um $>5K$ zurückging, wenn ich nur um eine Häusercke ging. Eines der genialsten Wettererlebnisse, die ich je machen durfte! Neben den enormen Temperaturgegensätzen und -schwankungen auf engstem Raum kann im Winter noch ein besonders reizvoller Aspekt dazukommen: Da die feuchtwarme Adrialuft durchwegs deutlich positive Taupunkte aufweist, bildet sich entlang der Grenzfläche der beiden Luftmassen mitunter flacher Advektionsnebel aus, vor allem wenn der Boden durch eine vorangegangene Schneelage noch auf $0^{\circ}C$ oder darunter gekühlt wird. Auch am besagten 20.2.2006 war das der Fall - Blick von der Hohen Warte nach Osten auf die von der Warmluft überströmten östlichen Stadtteile:



Ich hoffe, ich konnte meine große Faszination für den Vortex vindobonensis nachvollziehbar machen und die Ursachen einigermaßen verständlich erklären. Wenn noch Fragen offen geblieben sind, dann helfe ich natürlich gerne weiter...

Copyright: Georg Pistotnik (ZAMG), 24.01.2009