

6 DIE METEOROLOGISCHE SITUATION

6.1 Übersicht über die Witterung 2002

Der **Jänner 2002** begann sehr kalt und endete mit den höchsten Temperaturen, die je in Österreich im Jänner gemessen wurden. Im Monatsmittel lag die Temperatur im Süden und Osten Österreichs um 1,5° bis 3°C über dem langjährigen Mittel, im Nordwesten und Westen um bis zu 1°C; unterdurchschnittliche Temperaturen wurden lediglich in den Nordalpen zwischen Salzburg und dem südwestlichen Niederösterreich registriert.

Der Jänner 2002 war im Großteil Österreichs außerordentlich trocken. Weniger als 25% der langjährigen durchschnittlichen Niederschlagsmenge fiel in weiten Teilen Vorarlbergs und Tirols, im südlichen Salzburg, in Osttirol, Kärnten, der südlichen Steiermark, im Burgenland sowie im südöstlichen und zentralen Niederösterreich. Durchschnittliche Niederschlagssummen erreichten nur die Nordalpen zwischen dem Salzkammergut und dem südwestlichen Niederösterreich.

Bis 19. Jänner herrschten zumeist Hochdruckwetterlagen vor; die Temperatur lag im Bereich des langjährigen Durchschnitts, im Westen Österreichs bis 10.1. auch deutlich darunter. Am 20.1. setzte mit dem Einfließen milder atlantischer Luftmassen eine außergewöhnlich warme Phase ein, die bis Anfang Februar anhielt.

Der **Februar 2002** war außerordentlich warm; die Monatsmitteltemperatur lag in ganz Österreich um 3,5 bis 5,5°C über dem langjährigen Mittelwert, in weiten Teilen Österreichs handelte es sich um den wärmsten Februar seit Beginn der Temperaturmessungen.

Die Niederschlagsmenge lag in einem Großteil Österreichs in einem durchschnittlichen Bereich; relativ trocken war es in Oberkärnten und im Osten Österreichs. Dagegen erhielten Oberösterreich, das westliche Niederösterreich und die Obersteiermark deutlich überdurchschnittliche Niederschlagsmengen; am höchsten waren sie im Mühlviertel, wo gebietsweise mehr als das Dreifache der üblichen Niederschlagsmenge fiel.

Der Witterungsverlauf war praktisch ausschließlich von Südwest- bis Nordwestwetterlagen und Tiefdrucklagen gekennzeichnet, d.h. es gelangten ganz überwiegend sehr milde Luftmassen maritimen Ursprungs nach Österreich; Hochdruckwetterlagen blieben aus.

Der **März 2002** war außergewöhnlich warm; im außeralpinen Bereich lag die Temperatur um 2 bis 3°C über dem langjährigen Mittel, am relativ wärmsten war es zwischen Kärnten und dem östlichen Nordtirol mit Abweichungen von +3°C bis weit über +4°C.

Die Niederschlagsmengen waren höchst ungleichmäßig verteilt. Überdurchschnittlich hohe Niederschläge fielen nördlich des Alpenhauptkammes, in den Nordalpen von Nordtirol bis Niederösterreich sowie im Großteil Oberösterreichs 200 bis 300% der üblichen Monatssumme, zumeist als Regen. Dagegen war es südlich des Alpenhauptkammes – wie schon in den Monaten davor – ausgesprochen trocken, in der Südsteiermark und in Ostkärnten fielen weniger als 25% des langjährigen Mittelwerts.

Bis zu einem markanten Kaltlufteinbruch am 22.3. war es überdurchschnittlich warm; Ende März stiegen die Temperaturen dann wieder kräftig an. Die Niederschläge fielen höchst ungleich verteilt zumeist zwischen 19. und 22.3., wobei hohe Tagessummen um 50 mm auftraten.

Der **April 2002** wies im Großteil Österreichs durchschnittliche Temperaturen – bezogen auf die Klimaperiode 1961 bis 1990 – auf. Die Niederschlagsmenge erreichte zumeist ein durchschnittliches Niveau, relativ trocken war es im Norden zwischen dem Innviertel und dem Weinviertel, während die Südsteiermark und Ostkärnten vergleichsweise regenreich waren.

Der Witterungsverlauf war von einem sehr warmen Monatsbeginn gekennzeichnet, auf den von 6. bis 12.4. eine kühle Periode folgte. Ab 22.4. war es wieder überdurchschnittlich warm.

Der **Mai 2002** war außerordentlich warm; im Großteil Österreichs lag die Monatsmitteltemperatur um 2 bis 3,5°C über dem langjährigen Mittel, womit dieser Monat in Ostösterreich zu den wärmsten der letzten 200 Jahre zählt. Etwas kühler – mit positiven Abweichungen von 1 bis 2°C – war der Mai 2002 in Vorarlberg und Nordtirol. Die Niederschlagsmengen lagen im Großteil Österreichs unter dem langjährigen Durchschnitt, wobei es im Alpenvorland zwischen Linz und Wien mit weniger als 25% der durchschnittlichen Regenmenge besonders trocken war. Überdurchschnittliche Niederschläge fielen in Osttirol und Oberkärnten sowie im Bereich des Alpenhauptkamms in Tirol und Vorarlberg.

Der Witterungsverlauf war von einem relativ häufigen Wechsel von Hochdruckgebieten, gradientschwachen Wetterlagen, die vielfach mit verbreiteten Regenschauern verbunden waren, und West- oder Südwestwetterlagen geprägt.

Der **Juni 2002** war in ganz Österreich ungewöhnlich warm; lag die Monatsmitteltemperatur in Nordostösterreich ca. 2°C über dem Klimamittelwert der Periode 1961-1990, so waren es im Bereich vom Unterinntal bis ins südliche Oberösterreich 3 bis 4°C. Im Großteil Österreichs war der Juni 2002 der wärmste seit Beginn der Messungen, in Wien seit 1811.

Die Niederschlagsverteilung zeigt ein sehr heterogenes Bild. Im Großteil Österreichs wurden ungefähr durchschnittliche Regenmengen registriert, außerordentlich niederschlagsreich waren das nördliche Weinviertel, der Wienerwald und Oberkärnten mit bis zu 175% des langjährigen Durchschnitts. Die größten Regenmengen fielen dabei innerhalb weniger Tage zwischen dem 6. und 10. Juni. Dagegen war es im Innviertel, im Burgenland, in der südlichen Steiermark, in Unterkärnten und im westlichen Tirol relativ trocken, hier lagen die Niederschlagsmengen unter 75% des langjährigen Mittelwerts.

Der Witterungsverlauf war von einer relativ kühlen Periode bis 12. Juni gekennzeichnet, danach brachten Hochdruck- und gradientschwache Wetterlagen außerordentlich warmes Wetter, wobei die Temperatur in Ostösterreich zwischen 14. und 23.6. mehr als 5°C über dem langjährigen Mittel lag. Ab dem 25. Juni war es wieder relativ kühl.

Der **Juli 2002** war im Großteil Österreichs überdurchschnittlich warm mit Abweichungen von 1°C bis 2,5°C gegenüber dem klimatologischen Mittel; lediglich Vorarlberg wies durchschnittliche Temperaturverhältnisse auf. Die Niederschlagsmengen erreichten im größten Teil Österreichs ein mittleres Niveau, besonders regenreich mit mehr als 150% des langjährigen Durchschnitts waren das obere Murtal und das südöstliche sowie das nordöstliche Niederösterreich. Der Witterungsverlauf war von einem häufigen Wechsel warmer Hochdruck- und kühler Tiefdruck- oder Westwetterlagen gekennzeichnet. Die Niederschläge fielen meist als Schauer, konzentriert auf einzelne Tage, die sich aber über den gesamten Monat verteilten.

Der **August 2002** war im Großteil Österreichs ein überdurchschnittlich warmer Monat, mit Abweichungen vom langjährigen Mittel (1961-1990) bis 2°C in den nördlichen, östlichen und südöstlichen Regionen Österreichs.

Im nördlichen Teil Österreichs fielen vielerorts im August 2002 die höchsten Niederschlagsmengen seit Beginn der Messung. Im Mühl- und Waldviertel lag die monatliche Niederschlagssumme beim Vierfachen des Durchschnitts, im Bereich der Nordalpen und des Alpenvorlandes nördlich der Linie Salzburg – Baden bei mehr als dem Doppelten. Zwischen Salzburg und dem zentralen Niederösterreich verteilten sich diese extremen Regenmengen auf zwei Niederschlagsereignisse am 6. und 7. sowie am 11. und 12.8.; im Nordosten konzentrierten sich die Niederschläge auf den 11. bis 13.8., im Westen auf den 10. und 11. August. Verursacht wurden diese hohen Niederschlagsmengen durch Tiefdruckgebiete, die vom zentralen Mittelmeer über das östliche Mitteleuropa zogen und hier länger verweilten. Die Folge dieser außerordentlich hohen Regenmengen waren katastrophale Überschwemmungen. Südlich des Alpenhauptkamms lagen die Regenmengen um oder nur leicht über dem langjährigen Mittel.

Der **September 2002** wies im Großteil Österreichs Temperaturen unter dem langjährigen Mittel (1961-1990) auf, wobei es in Vorarlberg, Tirol, Salzburg und der nördlichen

Steiermark mit Abweichungen bis $-2,5^{\circ}\text{C}$ am kühlfsten war. Annähernd durchschnittliche Temperaturen wurden im Weinviertel sowie zwischen dem Südburgenland und dem Klagenfurter Becken registriert. Die Niederschlagsmengen erreichten im Großteil Österreichs ein durchschnittliches Niveau; besonders hoch – bis 200% des langjährigen Mittels – waren sie an der Alpennordseite zwischen Vorarlberg und Salzburg. Der Witterungsverlauf war von einer relativ warmen und trockenen Periode bis 10. September gekennzeichnet, danach wurde es – v.a. im Hochgebirge – kühler. Die größten Niederschlagsmengen fielen zwischen 19. und 27. September, während dieser Zeit nahm die Temperatur rasch ab.

Der **Oktober 2002** war im Norden und Nordosten von vergleichsweise kaltem und regenreichem Wetter gekennzeichnet; die Temperatur lag hier um bis $-1,5^{\circ}\text{C}$ unter dem Mittelwert der Klimaperiode 1961-90. Der Westen Österreichs wies annähernd durchschnittliche Temperaturen auf, wohingegen es in Teilen Kärntens und der Steiermark um bis zu $+2^{\circ}\text{C}$ zu warm war. Der Norden Österreichs wies außerordentlich hohe Niederschlagsmengen auf, diese erreichten im Mühl-, Wald- und Weinviertel sowie im Raum Wien bis zum Dreifachen der langjährigen Mittelwertes. Deutlich überdurchschnittliche Niederschlagsmengen wurden auch im Westen sowie im Südosten Österreichs registriert, während Osttirol, Oberkärnten und der Lungau weniger als 75% der mittleren Niederschlagsmenge erhielten.

Der Witterungsverlauf war von einer sehr kühlen Phase zwischen 5. und 15. Oktober gekennzeichnet, während derer sehr niedrige Ozonbelastungen auftraten; gegen Monatsende war es zumeist überdurchschnittlich warm. Die hohen Niederschläge im Norden Österreichs verteilten sich über den ganzen Monat.

Der **November 2002** war ein außerordentlich warmer Monat; im Westen und Norden Österreichs lag die Temperatur im Mittel um $2,5^{\circ}\text{C}$ über dem Durchschnitt der Klimaperiode 1961-1990, im Bereich zwischen dem Salzachtal und der Südsteiermark um 4 bis 5°C . In Klagenfurt wurde die höchste Monatsmitteltemperatur seit 1926 registriert, in Graz die höchste Maximumtemperatur seit über 100 Jahren. Die Niederschlagsmengen lagen im Großteil Österreichs über dem langjährigen Durchschnitt, wobei die höchsten Regen- bzw. Schneemengen in Oberkärnten, in Osttirol sowie im Bereich des Alpenhauptkamms von Salzburg bis Vorarlberg fielen. Im Gebiet zwischen Oberkärnten und den Ötztaler Alpen fielen mehr als 250% des langjährigen Mittels, im oberen Gailtal wurden die höchsten Regenmengen seit Beginn der Messreihe (um 1950) registriert. Im Nordosten Österreichs lagen die Regenmengen bei 120 bis 150% des langjährigen Mittels, unterdurchschnittliche Niederschläge traten nur im Südburgenland und der Südsteiermark auf.

Im **Dezember 2002** wies das Wettergeschehen deutliche Unterschiede zwischen dem Nordosten und dem Südwesten Österreichs auf. Der Norden und Osten war ab 6.12. von deutlich unterdurchschnittlichen Temperaturen gekennzeichnet und war im Monatsmittel – verglichen mit der Klimaperiode von 1961 bis 1990 – um 1 bis 2°C zu kalt. In diesen Regionen herrschten meist sehr ungünstige Ausbreitungsbedingungen. Demgegenüber traten im Westen und Südwesten Österreichs Monatsmitteltemperaturen auf, die 2 bis 4°C über dem langjährigen Mittelwert lagen. Der Westen Österreichs wies ungefähr durchschnittliche Niederschlagsmengen auf. Viel Regen und Schnee fiel dagegen im Osten Österreichs, im Weinviertel mehr als 175% des langjährigen Durchschnitts, in der Südsteiermark mehr als 275%.

6.2 Übersicht über die Witterung 2003

Das Jahr 2003 war außerordentlich warm und im Großteil Österreichs sehr niederschlagsreich. Die Jahresmitteltemperatur lag um $1,0$ bis $1,5^{\circ}\text{C}$ über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990. Im Süden und Osten Österreichs wies das Jahr 2003 die dritthöchste Jahresmitteltemperatur – nach 1994 und 2000 – seit Beginn der Messung auf (die in Wien bis ins 18. Jahrhundert zurückreicht).

Niederschlagsmengen im Bereich des Klimamittelwerts oder leicht darunter wurden zwischen Unterkärnten und dem Südburgenland, in Vorarlberg und im westlichen Tirol registriert. Außerordentlich hoch waren die Regenmengen im Oberösterreichischen Donauraum, im Mühl- und Waldviertel mit 150 bis 180% des langjährigen Mittels, wobei vielerorts der höchste Jahresniederschlag seit Beginn der Messungen erfasst wurde. Ausschlaggebend dafür waren v.a. die extremen Regenmengen im August, aber auch der November wies in weiten Teilen Österreichs stark überdurchschnittliche Niederschläge auf.

Der **Jänner 2003** war von relativ mildem Wetter bis 4.1., einer sehr kalten Periode zwischen 7. und 13. 1. (mit Tagesmitteltemperaturen um -10°C) sowie einer relativ warmen zweiten Monatshälfte mit häufigen West- und Nordwestwetterlagen gekennzeichnet. Im Monatsmittel lag die Temperatur im Großteil Österreichs etwas über dem Durchschnitt der Klimaperiode 1961-90, wobei es im Gebiet zwischen Nordkärnten und dem Pongau mit einer Abweichung um $+1,5^{\circ}\text{C}$ besonders warm war. Die Niederschlagsmengen lagen vor allem im Gebiet nördlich des Alpenhauptkamms etwas über dem langjährigen Durchschnitt, im nördlichen Oberösterreich und im westlichen Niederösterreich betragen sie mehr als das Eineinhalbfache des langjährigen Mittelwerts.

Der **Februar 2003** war in ganz Österreich ungewöhnlich kalt und trocken. Im Nordalpenbereich sowie im Alpenvorland von Vorarlberg bis ins Nordburgenland lag die Temperatur im Monatsmittel um mehr als $-2,5^{\circ}\text{C}$ unter dem Durchschnitt der Klimaperiode 1961-90; relativ warm mit Abweichungen um -1°C war es nur zwischen Osttirol und dem oberen Murtal. Das Wetter war ab 9. Februar von fast durchgehenden Hochdrucklagen gekennzeichnet. Die Niederschlagsmengen blieben im gesamten Osten und Süden Österreich unter 25% des langjährigen Mittels, gebietsweise fiel praktisch kein Niederschlag; in Wien und Teilen Niederösterreichs und des Burgenlandes wurden die geringsten monatlichen Niederschlagsmengen seit Beginn der Messreihen registriert. Zwischen Vorarlberg und Salzburg fiel bis 8.2. an einigen Tagen Schnee bzw. Regen, der Rest des Monats war auch hier niederschlagsfrei.

Der **März 2003** war in ganz Österreich ungewöhnlich warm und trocken. Im Nordosten lag die Temperatur im Monatsmittel um ca. 1°C über dem langjährigen Mittelwert, im Südwesten und Westen um über $2,5^{\circ}\text{C}$. Die Niederschlagsmengen erreichten nördlich des Alpenhauptkamms leicht unterdurchschnittliche Werte; südlich des Alpenhauptkamms, im Burgenland und im östlichen Niederösterreich war es mit Regenmengen unter 25% des langjährigen Mittels extrem trocken, in Teilen Kärntens, Osttirols und des Lungaus fiel praktisch kein Niederschlag. Der Witterungsverlauf war von Kaltlufteinbrüchen um den 5., 14. und 23. März, die vor allem in Nordostösterreich spürbar waren, und ungewöhnlich warmen Perioden um den 10.3. und ab 22. März gekennzeichnet. Länger anhaltende Hochdruckwetterlagen bestimmten von 16. bis 20. sowie ab 22. März das Wettergeschehen.

Der **April 2003** wies im Großteil Österreichs annähernd durchschnittliche Temperaturen auf, bezogen auf die Klimaperiode 1961-1990; im Westen und Nordwesten war es relativ warm, im Nordosten etwas kühler als im langjährigen Mittel. Die Niederschlagsmengen blieben im Großteil Österreichs – wie schon im Februar und März – unter dem langjährigen Mittelwert; annähernd normale Niederschläge wurden nur in einem Bereich zwischen Kärnten und dem östlichen Nordtirol verzeichnet. Besonders trocken war es im Norden Österreichs, im Waldviertel fiel weniger als 25% der üblichen Niederschlagsmenge.

Der Witterungsverlauf war von einer besonders kühlen Phase zwischen 5. und 10. April und besonders hohen Temperaturen ab dem 27. April gekennzeichnet. Regen fiel im Großteil Österreichs nur zu Monatsbeginn und um den 10.4.

Der **Mai 2003** war in ganz Österreich außergewöhnlich warm. Die Temperatur lag im Monatsmittel um $2,5$ bis über $3,5^{\circ}\text{C}$ über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990; besonders warm war es im Südosten Österreichs und im Unterinntal. In Wien war der Mai 2003 der drittwärmste Mai seit 1776, in vielen Orten Österreichs der wärmste seit Beginn der Messreihen. Die höchsten Temperaturen wurden während einer niederschlagsfreien Periode zwischen 5. und 8. Mai beobachtet.

Die Niederschlagsmengen lagen im Großteil Österreichs in einem durchschnittlichen Bereich und fielen überwiegend als gewittrige Schauer. Überdurchschnittlich mit mehr als 150% des langjährigen Mittelwerts waren die Regenmengen v.a. in Wien und Teilen Niederösterreichs.

Der **Juni 2003** war in ganz Österreich extrem warm und sehr trocken. In ganz Österreich wurde die höchste Juni-Monatsmitteltemperatur seit Beginn meteorologischer Messungen – diese reichen in Wien und Kremsmünster bis ins achtzehnte Jahrhundert zurück – gemessen. Im Westen Österreichs lag die Temperatur im Monatsmittel um ca. 6°C über dem Mittel der Klimaperiode 1961-1990, im Nordosten um ca. 4°C. Die Niederschlagsmengen waren vor allem im Nordosten Österreichs – mit gebietsweise unter 25% des Klimamittelwertes – extrem niedrig, im Süd- und Zentralalpenbereich fielen annähernd durchschnittliche Regenmengen, allerdings zum Großteil in Form kurzer Schauer. Auffallend an der Wetterlage im Juni war das völlige Fehlen von Nordwest- und Nordströmungen.

Der **Juli 2003** war außerordentlich warm – verglichen mit der Klimaperiode 1961-90 lag im Großteil Österreichs die Temperatur um 1,5 bis 2,5°C über dem langjährigen Mittel, im Unterinntal, im Bereich des Salzkammergutes und im Südosten Österreichs um ca. 3°C; besonders warm war es im Hochgebirge, auf dem Sonnblick betrug die Abweichung +3,6°C. Die Niederschlagsmengen erreichten im Großteil Österreichs ein durchschnittliches Niveau. Regenreicher war es im Mühlviertel und in Osttirol, wohingegen in der Südsteiermark, in Ostkärnten, im Waldviertel und im Unterinntal besonders wenig Regen fiel.

Auf den 1. Juli mit deutlich überdurchschnittlicher Temperatur folgten ein Kaltlufteinbruch – der u.a. zu einem raschen Absinken der Ozonbelastung führte – und eine Periode durchschnittlicher Temperaturen bis 14. Juli. In der zweiten Monatshälfte lag die Temperatur während anhaltender Hochdruckwetterlagen zumeist deutlich über dem langjährigen Durchschnitt, die kurzzeitig am 18., 25. und 29. Juli von Westwetterlagen unterbrochen wurden.

Der **August 2003** war von extrem hohen Temperaturen und Ozonkonzentrationen gekennzeichnet. Im größten Teil Österreichs war der August 2003 der wärmste seit Beginn der – fallweise bis ins neunzehnte Jahrhundert zurück reichenden – Temperaturmessung, lediglich im Nordosten Österreichs war der August 1992 noch wärmer, in Wien (wo die Temperaturmessreihe bis ins späte achtzehnte Jahrhundert zurück reicht) zudem der August 1807. Die Temperatur lag im Monatsmittel überall um mehr als 4°C über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990, im Südosten der Steiermark war es mit einer Abweichung von +6°C am wärmsten.

Der Witterungsverlauf war fast durchgehend von Hochdruckwetterlagen gekennzeichnet, lediglich am 15.8. gab es eine schwache Kaltfront von Nordwesten. Die Hitze wurde am 30.8. durch einen massiven Kaltlufteinbruch beendet.

Bis 28.8. fiel in ganz Österreich sehr wenig Niederschlag, erst ab 29.8. gab es verbreitet Regen. Die Monatssumme des Niederschlags lag dennoch im Großteil Österreichs unter 75% des Klimawertes, besonders trocken war es im Raum Wien mit weniger als 25%. Lediglich zwischen Osttirol und der Südsteiermark fielen – vor allem dank der intensiven Schauer ab dem 29.8. – ungefähr durchschnittliche Regenmengen, gebietsweise in Kärnten sogar bis zu 180% des Klimamittelwerts.

Der **September 2003** wies im Großteil Österreichs annähernd durchschnittliche Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse auf. Um bis 1°C wärmer als im Durchschnitt der Klimaperiode 1961-90 war es im Nordalpengebiet und weiten Teilen des nördlichen Alpenvorlands bis ins Mühl- und Waldviertel, während es südlich des Alpenhauptkamms um bis -1°C zu kühl war. Außerordentlich niedrige Regenmengen – weniger als 25% des langjährigen Mittelwerts – fielen in Osttirol und Oberkärnten. Überdurchschnittlich regenreich war der Nordalpenbereich von Salzburg bis zum Wienerwald.

Der Witterungsverlauf war von Kaltlufteinbrüchen zwischen 10. und 12.9. sowie am 23.9. gekennzeichnet, wobei zwischen 10. und 12.9. in ganz Österreich intensiver Regen fiel. Sowohl die Ozonkonzentration als auch die PM10-Konzentration ging mit diesen Kaltfrontdurchgängen an allen Messstellen (außer Sonnblick) stark zurück. Vor allem zwischen 14. und 22.9. war es außerordentlich warm mit Temperaturen bis 30°C.

Der **Oktober 2003** war ein kühler und regenreicher Monat. Im Vergleich zum Mittelwert der Klimaperiode 1961-90 lag die Monatsmitteltemperatur südlich des Alpenhauptkamms und im Inntal um ca. -1°C zu niedrig, im Norden und Westen um mehr als -2,5°C, im Hochgebirge um mehr als -4,5°C darunter. Besonders niederschlagsreich – mit mehr als 250% des langjährigen Mittelwerts – war es gebietsweise von Salzburg westwärts, auch im Osten und Süden Österreichs fielen deutlich überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Am meisten Regen fiel zwischen 3. und 9. Oktober. Bemerkenswert war der Schneefall bis in die Niederungen am 23. und 24.10.; in weiten Teilen Ostösterreichs war dies der früheste Termin einer geschlossenen Schneedecke seit Beginn der Messungen.

Der **November 2003** war außerordentlich warm; im Südosten Österreichs und im Bereich der Niederen Tauern lag die Temperatur im Monatsmittel um 3°C oder mehr über dem Klimamittel, im Nordosten um ca. 2°C, im nördlichen Salzburg und im Rheintal um bis 1,5°C. Überdurchschnittlich warm war es im Osten Österreichs sowie im Hochgebirge durchgehend ab 17.11.

Nördlich des Alpenhauptkamms und im Osten fiel sehr wenig Niederschlag (25 bis 75% des langjährigen Mittels), dagegen wies der Bereich südlich des Alpenhauptkamms außerordentlich hohe Regenmengen auf. In Osttirol und Oberkärnten fiel bis zum Dreifachen der üblichen Niederschlagsmenge, konzentriert auf den 1. und 26. November.

Der **Dezember 2003** war im Süden und Westen Österreichs – mit Abweichungen über +1,5°C – überdurchschnittlich warm, wobei in Oberkärnten, Osttirol und im nördlichen Nordtirol Temperaturabweichungen von mehr als +2,5 °C gegenüber dem Klima-Mittelwert auftraten. Der Norden und Nordosten Österreichs wiesen ungefähr durchschnittliche Temperaturen auf. Der Temperaturverlauf war von abwechselnden Kälte- und Wärmephasen gekennzeichnet; besonders warm war es zu Monatsbeginn, besonders kalt zwischen 23. und 27.12.

Die Niederschlagsmengen lagen im Zentral- und Nordalpenbereich sowie im Nördlichen Alpenvorland unter 75% des langjährigen Mittelwertes; die Gebiete südlich des Alpenhauptkamms erhielten durchschnittliche Niederschläge, besonders niederschlagsreich war der Nordosten Österreichs mit über 150% des Klimamittelwerts im Weinviertel. Besonders hohe Niederschlagsmengen fielen zwischen 28. und 31.12. In den Niederungen lag keine Schneedecke, auch oberhalb von 1500 m hielt sich keine durchgehende Schneebedeckung.

6.3 Windverhältnisse

Die Windverhältnisse in Niederösterreich werden von den großräumigen topographischen Gegebenheiten bestimmt. Der Wind umströmt die Ostalpen, sodass im Bereich nördlich der Alpen – im Alpenvorland und im Waldviertel – Ost und West als Hauptwindrichtungen auftreten, im östlichen Niederösterreich und im Nordburgenland Nordwest und Südost.

Windrichtungsverteilungen sind in Abbildung 38 dargestellt.

Die Häufigkeit von Kalmen (Windgeschwindigkeit unter 0,5 m/s) ist mit 0 bis 10% vergleichsweise sehr niedrig.

6.4 Ausbreitungsbedingungen

Unter dem Begriff „Ausbreitungsbedingungen“ werden jene meteorologischen Verhältnisse bewertet, welche für das Ausmaß von Verdünnung oder Anreicherung emittierter Schadstoffe verantwortlich sind.

Dies sind v.a. folgende Faktoren:

- Ø Die Windgeschwindigkeit beeinflusst linear die Verdünnung der pro Zeiteinheit in ein Luftvolumen emittierten Schadstoffe;
- Ø thermische und mechanische Turbulenz beeinflussen die Geschwindigkeit des vertikalen Austauschs und damit die Verdünnung der Schadstoffe.

Thermische Turbulenz entsteht durch die Erwärmung des Bodens und die dadurch verursachte Konvektion, mechanische Turbulenz durch die Reibung des Windes.

Thermische Turbulenz ist damit entscheidend von Temperatur und Einstrahlung abhängig und findet nur tagsüber statt, mechanische Turbulenz hängt von der Windgeschwindigkeit sowie der Bodenrauigkeit (Bebauung, Vegetation) ab und wirkt auch nachts.

Zur Berechnung des turbulenten vertikalen Austauschs stehen verschiedene mathematische Ansätze zur Verfügung, die unterschiedliche meteorologische Größen verwenden.

Eine relativ einfache Methode zur Beurteilung des turbulenten Vertikalaustauschs berücksichtigt die vertikale Temperaturschichtung (Kapitel 6.4.1).

Die Mischungshöhe (Kapitel 6.4.2) gibt jene Vertikalerstreckung an, in welche während einer bestimmten Zeit am Boden emittierte Schadstoffe turbulent verteilt werden; ihre Berechnung greift auf verschiedene meteorologische Größen zurück.

Als eine relativ präzise Möglichkeit zur Beurteilung von turbulentem vertikalem Austausch eignet sich der Vertikalgradient der Ozonkonzentration, vor allem in Situationen mit geringer photochemischer Aktivität. In diesen Situationen stellt der Erdboden eine Senke von Ozon dar, Ozon wird von oben „nachgeliefert“. Eine vertikal homogene Ozonkonzentrationsverteilung zeigt damit unbehinderten turbulenten Austausch an; je größer der Vertikalgradient der Ozonkonzentration ist, umso stärker wird vertikaler Austausch unterbunden.

Daneben stellt die bodennah gemessene Konzentration von CO ein relativ gutes Maß zur Beurteilung von vertikalem Austausch dar. Aufgrund seiner relativ hohen atmosphärischen Lebensdauer wird CO relativ wenig von lokalen Quellen beeinflusst und spiegelt daher, v.a. an emittentenfernen Standorten, die großräumigen Ausbreitungsbedingungen wider.

6.4.1 Temperaturschichtung

Der vertikale Temperaturgradient entscheidet wesentlich über den vertikalen Luftaustausch und damit über die Verdünnung von Schadstoffen. Liegt der vertikale Temperaturgradient – d.h. die Abnahme der Temperatur mit der Höhe – über dem adiabatischen³⁷ oder neutralen Gradienten (welcher den vertikalen Austausch weder forciert noch hemmt), so spricht man von labiler Schichtung, die vertikalen Austausch begünstigt; liegt die Abnahme der Temperatur mit der Höhe unter dem adiabatischen Gradienten, so spricht man von stabiler Schichtung, die vertikalen Austausch hemmt. Verändert sich die Temperatur mit der Höhe

³⁷ Als „adiabatisch“ werden atmosphärische Prozesse bezeichnet, bei denen es zu keinem Energieaustausch kommt. Bei adiabatischen Vertikalbewegungen verändern sich Druck und Temperatur der Luft nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten, wobei Phasenübergänge von Wasser (feuchtadiabatische Verhältnisse) speziell berücksichtigt werden müssen.

nicht, so spricht man von Isothermie, nimmt sie sogar mit der Höhe zu, von Inversion. Isothermie und Inversion stellen Fälle sehr stabiler Schichtung dar.

Der neutrale Temperaturgradient liegt je nach Feuchteverhältnissen zwischen dem trockenadiabatischen Temperaturgradienten (ca. $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) und dem feuchtadiabatischen Temperaturgradienten (ca. $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$); bei feuchtadiabatischen Verhältnissen spielen Kondensationsprozesse eine Rolle. Eine Statistik der Feuchteverhältnisse aus dem Burgenland liegt nicht vor. Da winterliche Hochdruckwetterlagen mit stark erhöhter PM10-Belastung mit hohen relativen Feuchten in Bodennähe verbunden sind, kann angenommen werden, dass feuchtadiabatische Verhältnisse deutlich überwiegen. Bei einer Gewichtung feuchtadiabatischer Verhältnisse mit 75% gegenüber trockenadiabatischen mit 25% wird daher für die Analyse der atmosphärischen Stabilität ein Temperaturgradient von $0,7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ als „neutral“ angenommen.

Zur Beurteilung der Inversionshäufigkeiten wird der Temperaturgradient zwischen Wien Kaiserebersdorf und Wien Hohe Warte herangezogen. Bei einer Höhendifferenz von 52 m zwischen diesen Stationen entspricht eine Temperaturdifferenz von ca. $0,35^{\circ}\text{C}$ einem neutralen Gradienten.

Die Häufigkeitsverteilung der Halbstundenmittelwerte des Temperaturgradienten zwischen Wien Kaiserebersdorf und Hoher Warte ist in Tabelle 15 für Winter (Jän.-März und Okt.-Dez.) sowie in Tabelle 16 für Sommer (April-Sept.) 2002 angegeben. Angegeben sind jeweils das gesamte Halbjahr sowie die gesonderte Auswertung für Südostwind und Nordwestwind (jeweils 90° -Sektoren; Nordost- und Südwestwind werden aufgrund der geringen Häufigkeit nicht berücksichtigt).

Inversionen bzw. stabile Schichtung sind im Winter deutlich häufiger als im Sommer; stabile Schichtung tritt im Winter während 56% der Zeit auf, im Sommer während 38% der Zeit.

Die Abhängigkeit der Temperaturgradienten von der Windrichtung zeigt, dass Südostwind sowohl im Winter als auch im Sommer mit wesentlich ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen, d.h. häufigerem Auftreten stabiler Temperaturschichtung, verbunden ist als Nordwestwind. Im Winter machen Inversionen bei Südostwind 36% der Zeit aus, gegenüber 26% bei Nordwestwind; im Sommer treten Inversionen bei Südostwind während 26% der Zeit auf gegenüber 16% bei Nordwestwind.

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung des Temperaturgradienten Wien Kaiserebersdorf – Wien Hohe Warte, Winter 2002.

	alle	Nordwest	Südost
starke Inversion (Temperaturdifferenz $< -1^{\circ}\text{C}$)	8%	8%	9%
Inversion (Temperaturdifferenz $< 0^{\circ}\text{C}$)	28%	26%	36%
stabile Schichtung (Temperaturdifferenz $< +0,35^{\circ}\text{C}$)	56%	55%	68%
leicht labile Schichtung (Temperaturdifferenz zwischen $0,35$ und 1°C)	31%	44%	26%
stark labile Schichtung (Temperaturdifferenz $\geq 1^{\circ}\text{C}$)	13%	16%	13%

Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung des Temperaturgradienten Wien Kaiserebersdorf – Wien Hohe Warte, Sommer 2002.

	alle	Nordwest	Südost
starke Inversion (Temperaturdifferenz < -1°C)	3%	3%	3%
Inversion (Temperaturdifferenz < 0°C)	20%	16%	26%
stabile Schichtung (Temperaturdifferenz < +0,35°C)	38%	32%	50%
leicht labile Schichtung (Temperaturdifferenz zwischen 0,35 und 1°C)	36%	40%	32%
stark labile Schichtung (Temperaturdifferenz \geq 1°C)	26%	31%	21%

6.4.2 Mischungshöhe

Unter der Mischungsschicht versteht man jene an den Erdboden angrenzende Luftschicht, innerhalb der emittierte Luftbeimengungen durch Konvektion oder mechanische Turbulenz in etwa einer Stunde vertikal verteilt werden [SEIBERT et al., 2000].

Für die Berechnung von Mischungsschichthöhen sind Radiosondendaten und konventionelle Messdaten meteorologischer Bodenstationen sowie Angaben über Landnutzung und Orographie erforderlich. An der Bodenstation müssen zumindest Temperatur und Wind gemessen werden. Zudem sind Angaben über den Bedeckungsgrad oder Messungen der Globalstrahlung und Luftdruckdaten erforderlich. Diese Daten werden jedoch nur an einem Teil der hier untersuchten Stationen gemessen und mussten daher von möglichst nahe gelegenen Stationen auf die jeweils untersuchte Messstelle übertragen werden. Der meteorologische Präprozessor TAMOSP (**TAWES Modell System**, TAWES steht für **teilautomatisches Wetter-Erfassungs-System** der ZAMG) berechnet aus diesen Daten Mischungsschichthöhen nach unterschiedlichen, in der einschlägigen Literatur veröffentlichten Verfahren. Für diese Studie wurden Strahlungsbilanz, Bodenwärmestrom, fühlbarer Wärmestrom und Monin-Obukhov Länge (sie ist ein Maß für die Stabilität der bodennahen Atmosphäre) nach HOLTSLAG und VAN ULDEN (1982) und daraus die Mischungsschichthöhe nach MAUL (1980) basierend auf CARSON (1973), für konvektive Fälle tagsüber bzw. nach VENKATRAM (1980) für neutrale Fälle tagsüber bzw. stabile Fälle nachts berechnet.

Zeitreihen von stündlichen Mischungsschichthöhen wurden für Illmitz für den Zeitraum Oktober 1999 bis Februar 2004 berechnet. Als Basisdaten werden Wind und Temperatur, gemessen in Illmitz, sowie der Bedeckungsgrad, gemessen in Eisenstadt (ZAMG-Messstelle) verwendet, sowie Radiosondenmessungen für Wien Hohe Warte.

Die Auswertungen dieser Daten findet man in Kapitel 8.6.

6.5 Luftmassen und Fronten

Bei der Diskussion der Belastungsepisoden (Kapitel 8.13) und der Herkunftsregionen von Ferntransport werden die Begriffe Luftmassen und Fronten verwendet.

Luftmassen lassen sich durch ihre Herkunftsregionen charakterisieren, die die in ihnen vorherrschenden relativ einheitlichen Eigenschaften wie Temperatur, Feuchte, Temperaturschichtung oder Schadstoffkonzentration beeinflussen. Luftmassen kontinentaler Herkunft – d.h. aus Osteuropa – zeichnen sich v.a. im Winter durch niedrige Temperatur, ungünstige Ausbreitungsbedingungen und i.d.R. hohe PM10-Konzentrationen aus, Luftmassen maritimer Herkunft, d.h. vom Atlantik, durch niedrige PM10-Konzentrationen.

Fronten stellen Luftmassengrenzen dar, an denen sich die Eigenschaften von Luftmassen „sprunghaft“ (d.h. auf einer Distanz von 100 km oder weniger) ändern. Fronten bewegen sich in der Regel und führen zu einer Veränderung u.a. der gemessenen

Schadstoffbelastung, wenn sie sich über eine Messstelle hinweg bewegen. Fronten sind normalerweise mit Tiefdruckgebieten verbunden, in deren Zentrum sie zusammenlaufen und um das sie sich (auf der Nordhemisphäre) im Gegenuhrzeigersinn bewegen.

Von einer *Warmfront* spricht man, wenn die Luftmasse hinter der Front wärmer ist als davor, im umgekehrten Fall von einer *Kaltfront*.

Fronten sind in der Regel mit Hebungsprozessen verbunden, welche zu verstärkter Kondensation, Wolkenbildung und Niederschlägen führen.

Über dem europäischen Kontinent holt häufig die Kaltfront die davor liegende Warmfront ein, sodass die dazwischen liegende Warmluftmasse abgehoben wird. In diesem Fall spricht man von einer *okkludierten* („geschlossenen“) *Front (Okklusion)*, die zwei (Kalt)Luftmassen mit unterschiedlichen Eigenschaften trennt.

Als „*maskierte*“ *Kaltfront* bezeichnet man eine Kaltfront oder Okklusion, die zwar in einigen 100 m über Boden eindeutig Kaltfrontcharakter hat, am Boden jedoch auf eine kältere Luftmasse trifft und hier Warmfrontcharakter besitzt. Maskierte Kaltfronten gleiten häufig bei winterlichen Inversionslagen auf bodennahe Kaltluftschichten auf und verschärfen dabei die flacher werdende Inversion, ehe die bodennahe Kaltluft verdrängt wird.

Als „Frontalzone“ werden in Kapitel 8.13 Fronten bezeichnet, die stationär sind (also keinen eindeutigen Warm- oder Kaltfrontcharakter besitzen), auf verschiedenen Abschnitten ihrer Länge aufgrund unterschiedlicher Bewegungsrichtung teilweise Warm- und Kaltfrontcharakter aufweisen, oder Situationen, in denen mehrere Fronten dicht hintereinander auftreten.
