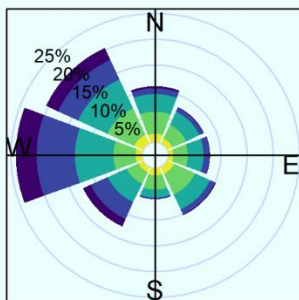


Atmosphärische Austausch- bedingungen in Sachsen

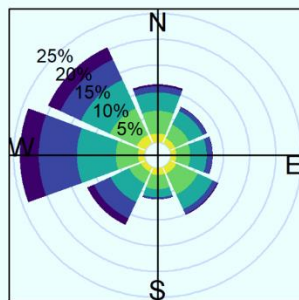
Schriftenreihe, Heft 18/2025

Detaillierte Auswertung - Windrichtungsänderungen

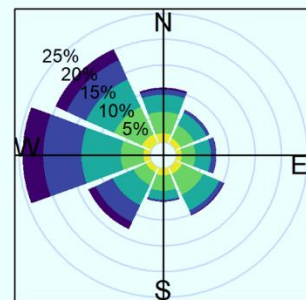
1961-1990



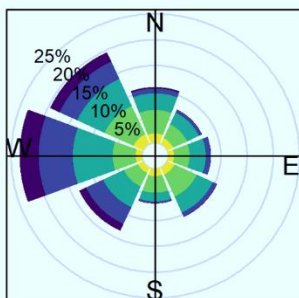
1971-2000



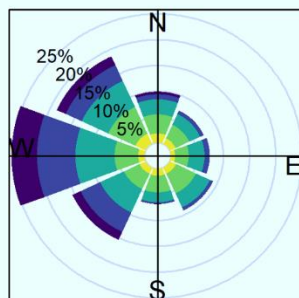
1981-2010



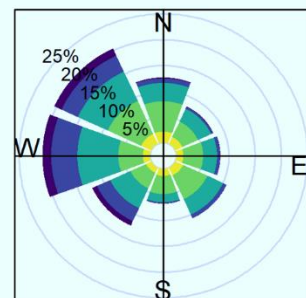
1991-2020



2003-2012



2013-2022



Analyse und Bewertung der atmosphärischen Austauschbedingungen als Einfluss auf die Ent- wicklung der Luftqualität in Sachsen

Detaillierte Auswertung Windrichtungsänderungen

Dr. Uta Moderow, Dr. Philipp Körner iamk GmbH,
Institut für angewandte Meteorologie und Klimatologie

Den Gesamtbericht können Sie in der Publikationsdatenbank des Freistaates Sachsen unter folgen-
dem Link abrufen: [Atmosphärische Austauschbedingungen in Sachsen - Publikationen - sachsen.de](#)

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgehen.....	6
2	Windrichtungsänderungen – zehnjährige Zeitscheiben	7
2.1	Windrichtung in 10 m Höhe über Grund.....	7
2.1.1	Vergleich – allgemein	7
2.1.2	Vergleich – quantitativ detaillierter	9
2.2	Windrichtung in 100 m Höhe über Grund	10
2.2.1	Vergleich – allgemein	10
2.2.2	Vergleich - quantitativ detaillierter	12
2.3	Zwischenfazit	12
3	Windrichtungsänderungen – fünfjährige Zeitscheiben	14
3.1	Windrichtung in 10 m Höhe über Grund.....	14
3.2	Windrichtung in 100 m über Grund	17
4	Änderungen der Windrichtungsverteilungen vor einem längerfristigen Hintergrund	21
5	Zusammenfassung	22
A 1	Anhang	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Änderungen in der Häufigkeit von Windrichtungssektoren zwischen den Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 für 10 m über Grund.....	8
Abbildung 2: Wie Abbildung 1 jedoch mit anderer Einteilung hinsichtlich der Farbkodierung.....	9
Abbildung 3: Änderungen in der Häufigkeit von Windrichtungssektoren zwischen den Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 für 100 m über Grund.	11
Abbildung 4: Wie Abbildung 3 jedoch mit anderer Einteilung hinsichtlich der Farbkodierung.....	13
Abbildung 5: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Dezember, Januar, Februar.	15
Abbildung 6: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Juni, Juli, August.....	17
Abbildung 7: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Dezember, Januar, Februar.	19
Abbildung 8: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Juni, Juli, August.	20
Abbildung 9: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für verschiedene fünfjährige Zeitscheiben in Referenz zu 1988–1992 für die Sommermonate Juni, Juli und August sowie die Windrichtungen in 100 m Höhe.	24
Abbildung 10: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für verschiedene fünfjährige Zeitscheiben in Referenz zu 1988–1992 für die Sommermonate Dezember, Januar und Februar sowie die Windrichtungen in 100 m Höhe	25
Abbildung 11: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für verschiedene fünfjährige Zeitscheiben in Referenz zu 1988–1992 für die Gesamtjahre sowie die Windrichtungen in 100 m Höhe.....	26

Abkürzungsverzeichnis

ERA	Europäische Reanalyse
N	Windsektor Nord
NE	Windsektor Nordost
E	Windsektor Ost
SE	Windsektor Südost
S	Windsektor Süd
SW	Windsektor Südwest
W	Windsektor West
NW	Windsektor Nordwest

1 Vorgehen

Ergänzend zu der rein visuellen Auswertung der Windrosen im Abschlussbericht zum Projekt „Analyse und Bewertung der atmosphärischen Austauschbedingungen als Einfluss auf die Entwicklung der Luftqualität in Sachsen“ vom 31.01.2024 wurden die Windrichtungen und deren zeitliche Änderung auf Basis eines R-Programms ausgewertet.

Grundlage für die Auswertung sind ERA5-Daten für die Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe und 100 m Höhe über Grund (Stundenwerte). Für mehr Informationen zu den ERA5-Daten als solche und den gewählten Gebietsschnitt verweisen wir auf den bereits genannten Abschlussbericht. Die Analyse der Windrosen erfolgt für alle Rasterzellen in die Messtationen für die PM₁₀-Belastung fallen (insgesamt 30 Rasterzellen). Um die geographische Zuordnung zu erleichtern, wurden den ausgewerteten Rasterzellen Ortsnamen zugeordnet (siehe Abschlussbericht).

Die Windrichtungen wurden in 8 Sektoren unterteilt mit den Sektoren Nord (N), Nordost (NE), Ost (E), Südost (SE), Süd (S), Südwest (SW), West (W) sowie Nordwest (NW). Für die konkrete Einteilung verweisen wir auf den Abschlussbericht. Die Auswertungen wurden für die Zeitscheiben, 2003–2012, 2013–2022 (zehnjährige Zeitscheiben) sowie die Zeitscheiben 2008–2012, 2013–2017 sowie 2018–2022 (fünfjährige Zeitscheiben) vorgenommen. Betrachtet wird das Gesamtjahr (alle Werte der Zeitscheiben), die zentralen Sommermonate (nur Werte der Monate Juni, Juli und August der Zeitscheiben) sowie die zentralen Wintermonate (nur Werte der Monate Dezember, Januar und Februar der Zeitscheiben).

Um die Änderungen in der Windrichtung beurteilen zu können, werden Differenzen betrachtet, d. h. die Häufigkeit eines Windrichtungssektors in Prozent für eine bestimmte Zeitscheibe abzüglich der Häufigkeit eines Windrichtungssektors in Prozent für die Referenzzeitscheibe. Positive Differenzen bedeuten dabei, dass der betreffende Windsektor in der aktuell betrachteten Zeitscheibe häufiger aufgetreten ist als in der Referenzzeitscheibe. Negative Differenzen bedeuten dabei, dass der betreffende Windsektor in der aktuell betrachteten Zeitscheibe seltener aufgetreten ist als in der Referenzzeitscheibe.

2 Windrichtungsänderungen – zehnjährige Zeitscheiben

Im Folgenden wird die Änderung der Windrichtung zwischen den zehnjährigen Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 betrachtet. Dabei dient die Zeitscheibe 2003–2012 als Referenz.

2.1 Windrichtung in 10 m Höhe über Grund

2.1.1 Vergleich – allgemein

Um einen einfacheren Vergleich mit dem bestehenden Abschlussbericht zu ermöglichen, wurde eine Einteilung der Farbskala gewählt, die nur in Abnahme der Häufigkeit ($< -0,25\%$), Zunahme der Häufigkeit ($> +0,25\%$) bzw. keine/kaum Änderungen in der Häufigkeit eines Windsektors unterscheidet.

Die Änderungen in der Windrichtung für die Gesamtjahre fallen klein aus. Die Windsektoren unterscheiden sich in ihrer Häufigkeit zwischen den Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 um maximal 1 %. Dies gilt für alle betrachteten Rasterzelle.

Betrachtet man nur die Wintermonate und nur die Sommermonate, so zeigt sich eine innerjährliche Variabilität (Abbildung 1). Für die Wintermonate zeigt sich, dass die Windrichtungssektoren S und SW für alle Rasterzellen häufiger in der Zeitscheibe 2013–2022 auftreten als in der Zeitscheibe 2003–2012. Dies trifft auch für fast alle betrachteten Rasterzellen in Bezug auf den Windrichtungssektor W zu. Die Windrichtungsektoren NE, NW und N treten in der Zeitscheibe 2013–2022 in den Wintermonaten weniger häufiger auf als in der vorangehenden zehnjährigen Zeitscheibe. Die Windsektoren E und SE fallen durch wechselnde Charakteristik bezüglich ihren Änderungen auf.

WD in 10 m		Zeitscheibe 2013-2022 minus Zeitscheibe 2003-2012 (Dez/Jan/Feb)							
Rasterzelle		NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
Leipzig-Thekla									
Delitzsch									
Eilenburg									
Leipzig-Mitte									
Grimma									
Oschatz									
Borna									
Riesa									
Großenhain									
Hoyerswerda									
Niesky									
Görlitz									
Bautzen									
Dresden									
Pirna									
Sebnitz									
Zittau									
Freiberg									
Döbeln									
Zwickau									
Chemnitz-DWD									
Chemnitz-Mitte									
Olbernhau									
Zinnwald									
Schwarzenberg									
Plauen									
Auerbach									
Aue									
Bärenstein									
Klingenthal									

WD in 10 m		Zeitscheibe 2013-2022 minus Zeitscheibe 2003-2012 (Jun/Jul/Aug)							
Rasterzelle		NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
Leipzig-Thekla									
Delitzsch									
Eilenburg									
Leipzig-Mitte									
Grimma									
Oschatz									
Borna									
Riesa									
Großenhain									
Hoyerswerda									
Niesky									
Görlitz									
Bautzen									
Dresden									
Pirna									
Sebnitz									
Zittau									
Freiberg									
Döbeln									
Zwickau									
Chemnitz-DWD									
Chemnitz-Mitte									
Olbernhau									
Zinnwald									
Schwarzenberg									
Plauen									
Auerbach									
Aue									
Bärenstein									
Klingenthal									

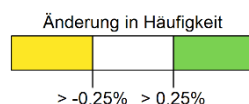


Abbildung 1: Änderungen in der Häufigkeit von Windrichtungssektoren zwischen den Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 für 10 m über Grund

Gelb bedeutet, dass der betreffende Windrichtungssektor in der Zeitscheibe 2013–2022 seltener aufgetreten ist als in der Zeitscheibe 2003–2012. Grün bedeutet, dass der betreffende Windrichtungssektor in der Zeitscheibe 2013–2022 häufiger aufgetreten ist als in der Zeitscheibe 2003–2012. Die linke Abbildung zeigt die Ergebnisse für die zentralen Wintermonate Dezember, Januar und Februar. Die rechte Abbildung zeigt die Ergebnisse für die zentralen Sommermonate Juni, Juli und August.

Im Gegensatz zu den Wintermonaten zeigt sich den Sommermonaten (Abbildung 1, rechte Abbildung) für die Windsektoren SW und W stets eine Abnahme (gelbe Kodierung) der Häufigkeit in der Zeitscheibe 2013–2022 gegenüber der Zeitscheibe 2003–2012. Der Windsektoren NW und SE heben sich als die Windsektoren ab, die in der Zeitscheibe 2013–2022 stets häufiger auftreten. Der Windsektor Süd zeichnet sich durch wechselnde Charakteristiken in der Änderung seiner Häufigkeit aus. Auffällig ist auf den ersten Blick das abweichende Verhalten der Rasterzelle Hoyerswerda für den Windrichtungssektor NE. Jedoch ist hier die Verringerung in der Häufigkeit letztlich klein, d. h. nicht größer als 1 % (Abbildung 2).

2.1.2 Vergleich – quantitativ detaillierter

Im Folgendem wird kurz betrachtet, welche Windsektoren die größten Änderungen in ihrer Häufigkeit zwischen den beiden Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 aufweisen. Für die Betrachtung der Gesamtjahre wird auf den Abschnitt 2.1.1 (S. 7) verwiesen. Im Gegensatz zu der vorangegangenen graphischen Darstellung im Abschnitt 2.1.1 werden Änderungen in der Häufigkeit von -1 % bis +1 % als marginale Änderung betrachtet und erscheinen in der Darstellung demzufolge als weiß.

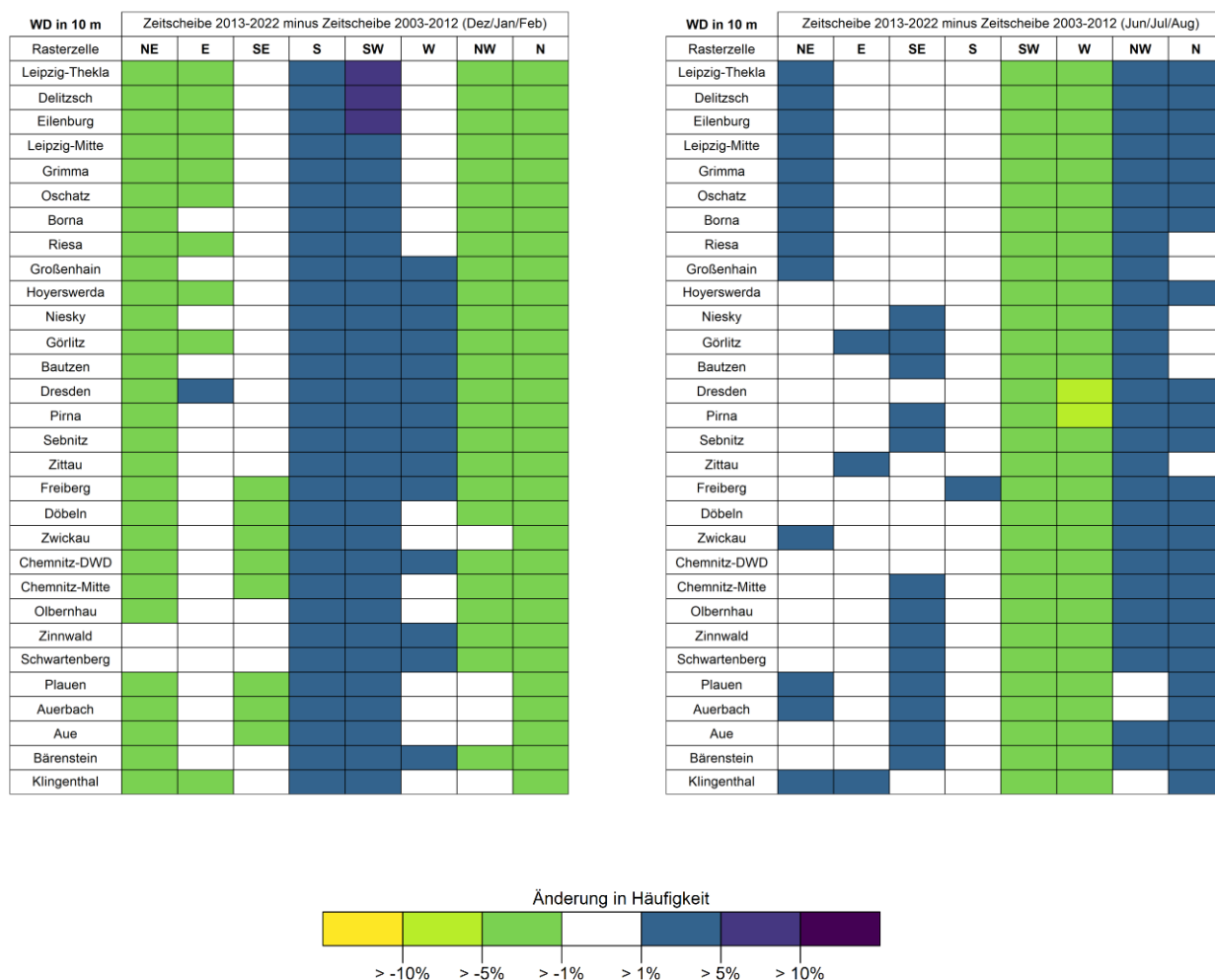


Abbildung 2: Wie Abbildung 1 jedoch mit anderer Einteilung hinsichtlich der Farbkodierung.

Es ist zu beachten, dass gelbe und grüne Töne Abnahmen in der Häufigkeit bedeuten und blaue Töne Zunahmen in den Häufigkeiten.

Für die Wintermonate zeigt sich, dass die Windsektoren S und SW in ihrer Häufigkeit in der Zeitscheibe 2013–2022 um 1 %-5 % zunehmen (blaue Kodierung). Für die Rasterzellen Leipzig-Thekla, Delitzsch und Eilenburg fallen die Zunahmen für SW größer als 5 % aus (dunkleres Blau). Für die Sektoren N, NE und NW liegen die Abnahmen in der Häufigkeit zumeist zwischen 5 % und 1 % (grüne Kodierung).

Die Windsektoren SW und W zeigen in den Sommermonaten in der Zeitscheibe 2013–2022 die größten Abnahmen in ihren Häufigkeiten gegenüber 2003–2022 (grüne Kodierung). Die Abnahmen liegen zu meist zwischen -1 % und -5 %. Für die Rasterzellen Dresden und Pirna liegen die Abnahmen höher, zwischen -5 % und -10 %. Die häufigsten Zugewinne in den Häufigkeiten liegen stets zwischen +1 % und +5 % (blaue Kodierung). Hier heben sich insbesondere die Sektoren NW und N hervor.

Vergleicht man den linken Teil der Abbildung 2 mit dem rechten Teil der Abbildung 2, so fällt auf, dass es im Sommer mehr Windsektoren pro Rasterzelle gibt, für die die Änderung in der Häufigkeit maximal 1% beträgt (weiße Kodierung) als im Winter.

2.2 Windrichtung in 100 m Höhe über Grund

2.2.1 Vergleich – allgemein

Um einen einfacheren Vergleich mit dem bestehenden Abschlussbericht zu ermöglichen, wurde eine Einteilung der Farbskala gewählt, die nur in Abnahme der Häufigkeit ($< -0,25\%$), Zunahme der Häufigkeit ($> +0,25\%$) bzw. keine/kaum Änderungen in der Häufigkeit eines Windsektors unterscheidet.

Die Änderungen in der Windrichtung für die Gesamtjahre fallen klein aus. Die Windsektoren unterscheiden sich in ihrer Häufigkeit zwischen den Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 um maximal 1 %. Eine Ausnahme stellt der Windrichtungssektor W für die Rasterzellen Zinnwald, Auerbach und Klingenthal dar. Dieser Windrichtungssektor nimmt für diese Rasterzellen in seiner Häufigkeit um mehr als 1 % jedoch nicht um mehr als 5 % zu.

WD in 100 m	Zeitscheibe 2013-2022 minus Zeitscheibe 2003-2012 (Dez/Jan/Feb)							
Rasterzelle	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
Leipzig-Thekla								
Delitzsch								
Eilenburg								
Leipzig-Mitte								
Grimma								
Oschatz								
Borna								
Riesa								
Großenhain								
Hoyerswerda								
Niesky								
Görlitz								
Bautzen								
Dresden								
Pirna								
Sebnitz								
Zittau								
Freiberg								
Döbeln								
Zwickau								
Chemnitz-DWD								
Chemnitz-Mitte								
Olbernhau								
Zinnwald								
Schwarzenberg								
Plauen								
Auerbach								
Aue								
Bärenstein								
Klingenthal								

WD in 100 m	Zeitscheibe 2013-2022 minus Zeitscheibe 2003-2012 (Jun/Jul/Aug)							
Rasterzelle	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
Leipzig-Thekla								
Delitzsch								
Eilenburg								
Leipzig-Mitte								
Grimma								
Oschatz								
Borna								
Riesa								
Großenhain								
Hoyerswerda								
Niesky								
Görlitz								
Bautzen								
Dresden								
Pirna								
Sebnitz								
Zittau								
Freiberg								
Döbeln								
Zwickau								
Chemnitz-DWD								
Chemnitz-Mitte								
Olbernhau								
Zinnwald								
Schwarzenberg								
Plauen								
Auerbach								
Aue								
Bärenstein								
Klingenthal								

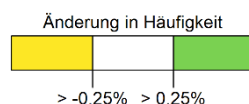


Abbildung 3: Änderungen in der Häufigkeit von Windrichtungssektoren zwischen den Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 für 100 m über Grund.

Gelb bedeutet, dass der betreffende Windrichtungssektor in der Zeitscheibe 2013–2022 seltener aufgetreten ist als in der Zeitscheibe 2003–2012. Grün bedeutet, dass der betreffende Windrichtungssektor in der Zeitscheibe 2013–2022 häufiger aufgetreten ist als in der Zeitscheibe 2003–2012. Die linke Abbildung zeigt die Ergebnisse für die zentralen Wintermonate Dezember, Januar und Februar. Die rechte Abbildung zeigt die Ergebnisse für die zentralen Sommermonate Juni, Juli und August.

In den Monaten Dezember, Januar, Februar (Abbildung 3) nehmen die Windsektoren S, SW und W in ihren Häufigkeiten in der zweiten Zeitscheibe (2013–2022), im Vergleich zur ersten Zeitscheibe (2003–2012), stets zu (grüne Kodierung). Die Windsektoren NW, N, NE nehmen in ihrer Häufigkeit stets ab. Der Windsektor SE nimmt in seiner Häufigkeit zumeist ab oder weist kaum/keine Änderungen auf. Der Windsektor E stellt sich am variabelsten dar. Der Windsektor E tritt in meisten, betrachteten Rasterzellen in der Zeitscheibe 2013–2022 seltener auf als in der Zeitscheibe 2003–2012 oder zeigt in seiner Häufigkeit kaum/keine Änderungen. Ausnahmen stellen hier die Rasterzellen Dresden, Pirna, Sebnitz, Olbernhau, Zinnwald und Schwarzenberg dar. Hier ist der Windsektor E in der Zeitscheibe 2013–2022 häufiger aufgetreten als in der Zeitscheibe 2003–2012 (grüne Kodierung).

Während in den Wintermonaten (Dezember, Januar, Februar) die Windsektoren SW und W in ihrer Häufigkeit in der zweiten Zeitscheibe (2013–2022) zunehmen, ist in den Sommermonaten stets eine Abnahme der Häufigkeit für diese Sektoren festzustellen (gelbe Kodierung). Die Windsektoren N, NW und SE nehmen in ihrer Häufigkeit gegenüber der Zeitscheibe 2003–2012 stets zu. Im Gegensatz zu den Wintermonaten stellt sich das Änderungssignal für den Windsektor S in den Sommermonaten variabler dar. Je nach Rasterzelle tritt dieser Windsektor in der zweiten Zeitscheibe, häufiger oder seltener auf oder es sind keine/kaum Änderungen zu verzeichnen. Für die Sektoren NE und E sind zumeist leichte Zunahme in den Häufigkeiten zu verzeichnen. Eine prominente Ausnahme stellen hier die Rasterzellen Görlitz, Niesky dar, die für NE eine Abnahme der Häufigkeit verzeichnen. Jedoch fallen die Abnahmen klein aus, d. h. der Windrichtungssektor nimmt in seiner Häufigkeit um nicht mehr als 1 % ab.

2.2.2 Vergleich - quantitativ detaillierter

Im Folgenden wird kurz betrachtet, welche Windsektoren die größten Änderungen in ihrer Häufigkeit zwischen den beiden Zeitscheiben 2003–2012 und 2013–2022 aufweisen. Für die Betrachtung der Gesamtjahre wird auf den Abschnitt 2.2.1 (S.10) verwiesen. Im Gegensatz zu der vorangegangenen graphischen Darstellung im Abschnitt 2.2.1 werden Änderungen in der Häufigkeit von -1 % bis +1 % als marginale Änderung betrachtet und erscheinen in der Darstellung demzufolge als weiß.

Für die Wintermonate (Abbildung 4, links) ergibt sich, dass die Windsektoren S und SW in ihrer Häufigkeit in der Zeitscheibe 2013–2022 stets um 1% bis 5% zunehmen (blaue Kodierung). Für die Sektoren N, NE und NW liegen zumeist Abnahmen in der Häufigkeit zwischen 5% und 1% (grüne Kodierung).

Die Windsektoren SW und W zeigen in den Sommermonaten (Abbildung 4, rechts) in der Zeitscheibe 2013–2022 die größten Abnahmen in ihren Häufigkeiten gegenüber 2003–2012 (grüne Kodierung). Die Abnahmen liegen zumeist zwischen -1 % und -5 %. Für die Rasterzellen Niesky, Görlitz, Pirna, Sebnitz, Zittau, Zinnwald und Schwartenberg liegen die Abnahmen höher, zwischen -5 % und -10 %. Die größten Zugewinne in den Häufigkeiten liegen stets zwischen +1 % und +5 % (blaue Kodierung). Hier heben sich insbesondere die Sektoren NW und N hervor.

Vergleicht man den linken Teil der Abbildung 4 mit dem rechten Teil der Abbildung 4, so fällt auf, dass es im Sommer mehr Windsektoren pro Rasterzelle gibt, für die die Änderung in der Häufigkeit nicht mehr als 1 % beträgt (weiße Kodierung) als im Winter.

2.3 Zwischenfazit

Für die betrachteten Zeiträume zeigt sich, dass im Winter die Windsektoren S, SW und W in der Zeitscheibe 2013–2022 gegenüber der Zeitscheibe 2003–2012 an Bedeutung gewonnen haben, während

zumeist Abnahmen in den Windsektoren NW, N, NE zu verzeichnen sind Die Zunahmen/Abnahmen in der Häufigkeit liegen zumeist bei maximal 5 %.

Im Sommer haben die Windsektoren SW und W in der Zeitscheibe 2013–2022 gegenüber der Zeitscheibe 2003–2012 an Bedeutung verloren, während zumeist die meisten Zunahmen in der Häufigkeit für die Windsektoren NW, N, und – etwas weniger - NE zu verzeichnen sind. Die Zunahmen/Abnahmen in der Häufigkeit liegen zumeist bei maximal 5 %.

Die Änderungen in den Windrichtungen zw. 100 m und 10 m Höhe weisen viele Gemeinsamkeiten auf, sind jedoch nicht komplett identisch. Als wahrscheinlichste Ursache ist hier der größere Einfluss des Untergrundes in 10 m Höhe anzusehen.

Insgesamt werden die Ergebnisse aus dem Abschlussbericht bestätigt. Unterschiede ergeben sich vor allem aus der begrenzten Genauigkeit eines optischen Vergleichs.

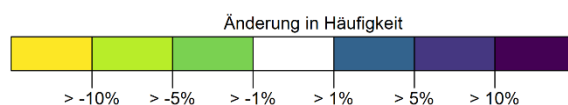
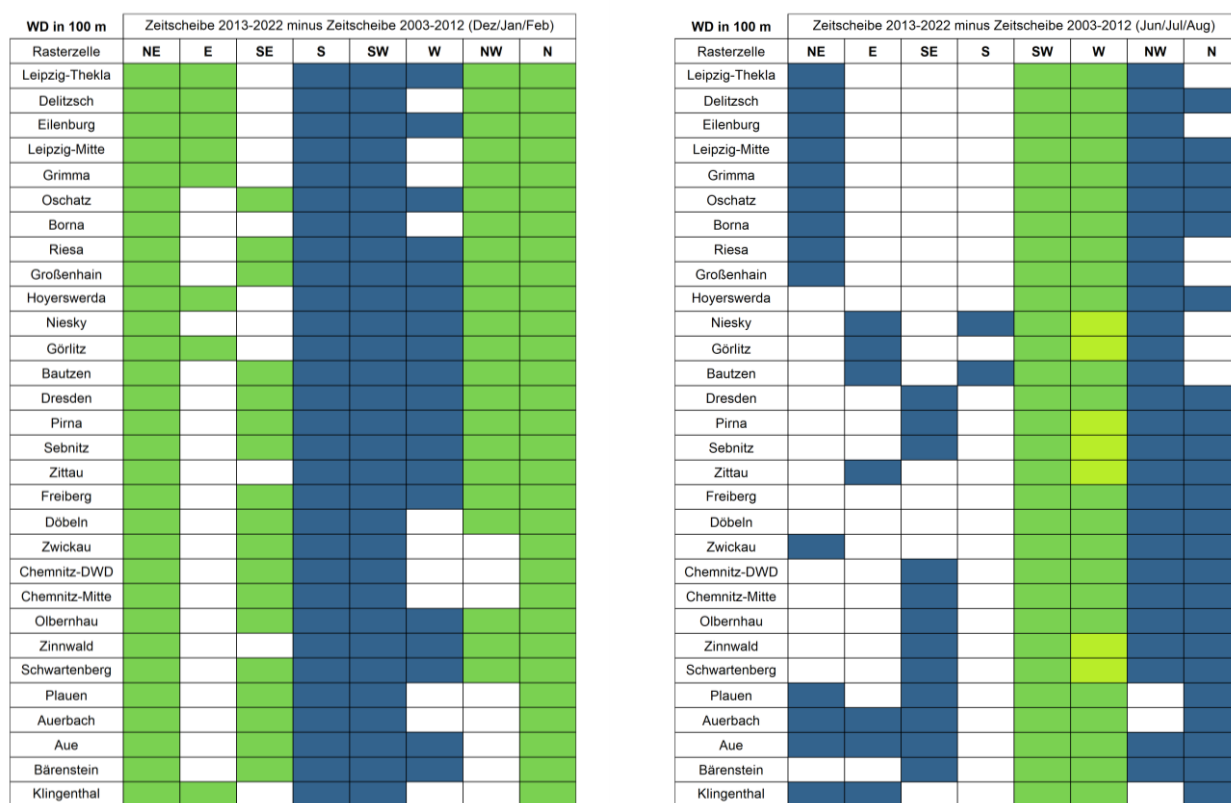


Abbildung 4: Wie Abbildung 3 jedoch mit anderer Einteilung hinsichtlich der Farbkodierung

Es ist zu beachten, dass gelbe und grüne Töne Abnahmen in der Häufigkeit bedeuten und blaue Töne Zunahmen in den Häufigkeiten.

3 Windrichtungsänderungen – fünfjährige Zeitscheiben

Für die Analyse der Schadstoffproblematik waren die zehnjährigen Zeitabschnitte 2003–2012 sowie 2013–2022 von zentraler Bedeutung. Die Analyse der Windrichtungsverteilungen erbrachte nur geringe Unterschiede zwischen beiden Zeitscheiben bei Betrachtung der Gesamtjahre. Wurden jedoch die Monate Dezember, Januar, Februar bzw. Juni, Juli und August betrachtet, ergaben sich deutlichere Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen zwischen diesen beiden Zeitscheiben. Mit der Betrachtung von fünfjährigen Zeitscheiben soll die Dynamik dieser Änderungen detaillierter dargestellt werden.

3.1 Windrichtung in 10 m Höhe über Grund

Als Referenzzeitscheibe für diese Betrachtung wurde der Zeitraum 2008–2012 gewählt.

Betrachtet man die Gesamtjahre (hier ohne Abbildung) so nehmen die Unterschiede zur Referenzzeitscheibe von 2013–2017 zu 2018–2022 zu. Während in der Zeitscheibe 2013–2022 sich nur für einzelne Rasterzellen Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen darstellen, zeigen sich in der darauffolgenden Zeitscheibe teilweise konsistentere Veränderungen. In der Zeitscheibe 2018–2022 weisen 22 der analysierten Rasterzellen Abnahmen in der Häufigkeit für den Sektor NE zwischen 1 % und 5 % auf. Dies gilt ebenfalls für den Windsektor W, wo 16 von 30 Rasterzellen eine Abnahme der Häufigkeit dieses Windsektors zwischen 1 % und 5 % erkennen lassen. Der Windsektor N zeigt für 11 Rasterzellen eine Zunahme in der Häufigkeit zwischen 1 % und 5 % gegenüber der Referenz (2008–2022). Die Veränderungen in der Windrichtungsverteilung stellen sich jedoch nicht so rasterzellenübergreifend in Bezug auf einzelne Windsektoren dar wie bspw. in Abbildung 2 zu sehen.

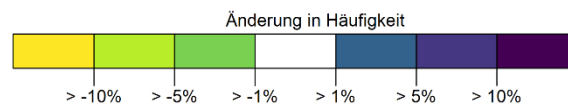
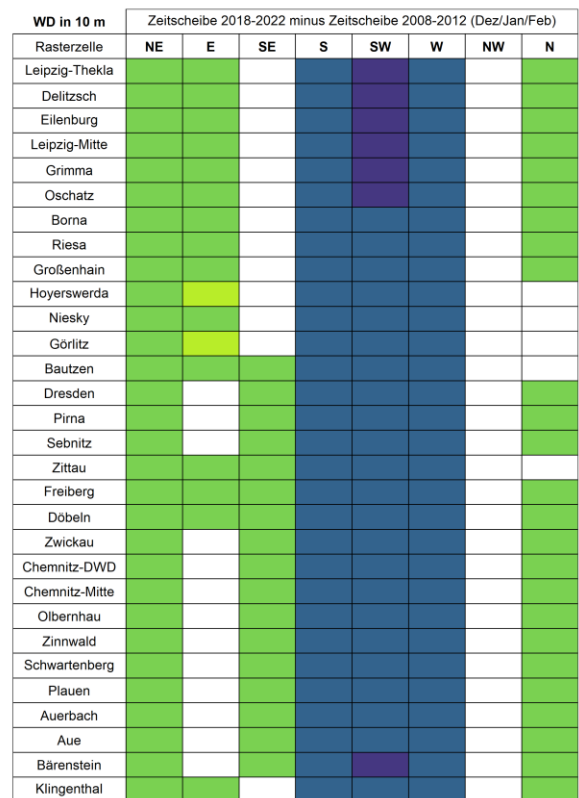
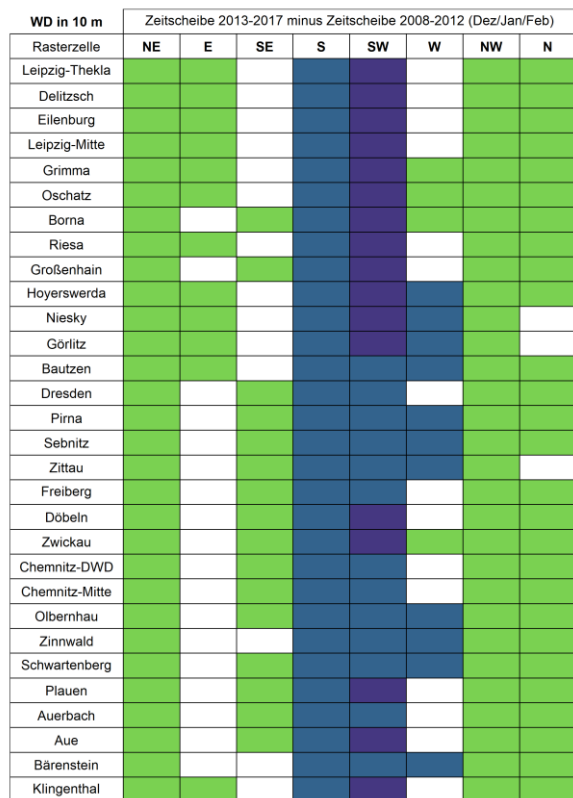


Abbildung 5: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Dezember, Januar, Februar.

Es ist zu beachten, dass gelbe und grüne Töne Abnahmen in der Häufigkeit bedeuten und blaue Töne Zunahmen in den Häufigkeiten. Die Abbildung bezieht sich auf den Wind in 10 m Höhe über Grund.

Im Folgendem wird zunächst auf die Wintermonate Dezember, Januar, Februar eingegangen und anschließend auf die Sommermonate Juni, Juli und August.

Konsistente Unterschiede für beide Zeitscheiben (Abbildung 5, Wintermonate) in Bezug auf die Referenzzeitscheibe 2008–2012 zeigen sich im Windsektor NE (Abnahme Häufigkeit) sowie S und SW (jeweils Zunahmen in der Häufigkeit). In der Zeitscheibe 2018–2022 weist Windsektor W für alle Rasterzellen eine höhere Häufigkeit auf als in der Referenzzeitscheibe. Der Windsektor W zeichnet sich in der Zeitscheibe 2013–2017 hingegen durch eine wechselnde Charakteristik bezüglich seiner Häufigkeitsveränderung aus (keine/kaum Änderungen, Zunahme, Abnahme). In der Zeitscheibe 2018–2022 sind die Abnahmen in der Häufigkeit für E und SE nochmal etwas ausgeprägter als in der Zeitscheibe 2013–2017 (Anzahl betroffener Rasterzellen, Betrag der Änderungen).

Insgesamt lässt sich für die Wintermonate feststellen, dass die Sektoren S, SW und W in Bezug auf die Referenz (2008–2012) zunehmend an Bedeutung über die beiden Zeitscheiben 2013–2017 sowie 2018–2022 gewinnen. Für die Sektoren E und SE gilt die gegensätzliche Aussage. Für den Sektor NW lässt keine solche Aussage treffen.

Abbildung 6 zeigt die Veränderungen in den Windrichtungsverteilungen für die Monate Juni, Juli und August. Betrachtet man diese Abbildung, so ist zu sehen, dass in der Zeitscheibe 2013–2017 die Sektoren SW und W durch Abnahmen in ihrer Häufigkeit gegen über der Referenzzeitscheibe 2008–2012 auffallen. Dies stellt sich für nahezu alle betrachteten Rasterzellen dar. Abnahmen in der Häufigkeit sind auch für den Windvektor S zu finden, jedoch für nur etwas mehr als ein Drittel der Rasterzellen. Die Sektoren NE, NW und N zeigen für jeweils mehr als zwei Drittel der Rasterzellen Zunahmen in den Häufigkeiten. Die Sektoren E und SE zeigen kaum/keine Veränderung in ihrer Häufigkeit bzw. nur für einzelne Rasterzellen. In der Zeitscheibe 2018–2022 sind die Abnahmen in der Häufigkeit für S, SW und W noch ausgeprägter als in der Zeitscheibe 2013–2017 (Anzahl betroffener Rasterzellen, Betrag der Änderungen). Das gleiche gilt für die Zunahmen in den Häufigkeiten für die Sektoren NW und N. Die Sektoren E und SE gewinnen in der Zeitscheibe 2018–2022 gegenüber der Referenzzeitscheibe für viele Rasterzellen an Bedeutung.

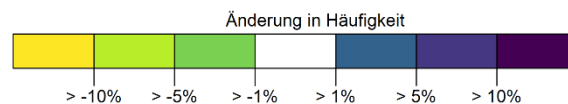
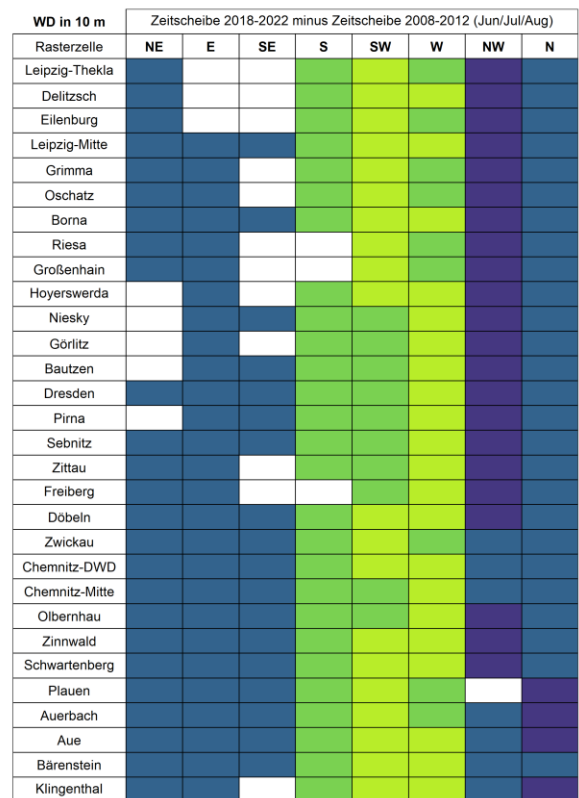
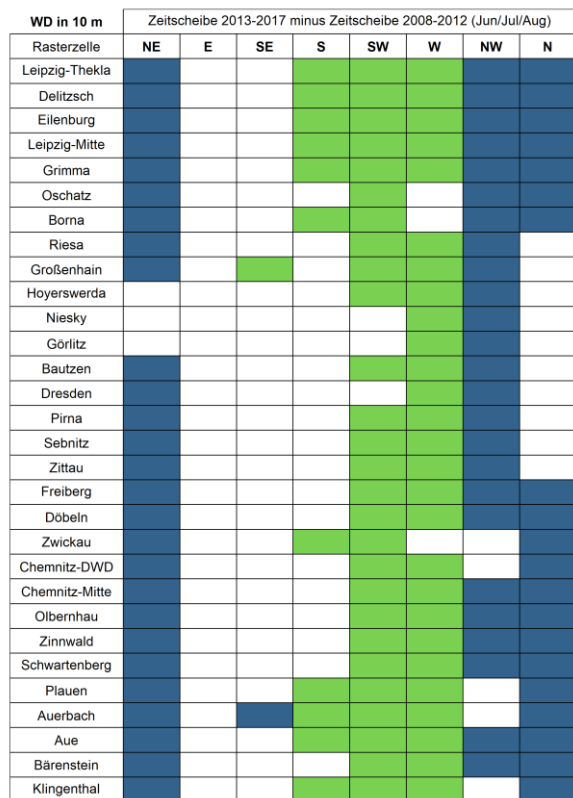


Abbildung 6: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Juni, Juli, August.

Es ist zu beachten, dass gelbe und grüne Töne Abnahmen in der Häufigkeit bedeuten und blaue Töne Zunahmen in den Häufigkeiten. Die Abbildung bezieht sich auf den Wind in 10 m Höhe über Grund.

Insgesamt lässt sich für die Sommermonate feststellen, dass die Sektoren S, SW und W in Bezug auf die Referenz (2008–2012) zunehmend an Bedeutung über die beiden Zeitscheiben 2013–2017 sowie 2018–2022 verlieren während die Sektoren NW, N, E und SE zunehmend an Bedeutung gewinnen. Für den Sektor NE lässt sich keine solche Aussage treffen.

3.2 Windrichtung in 100 m über Grund

Als Referenzzeitscheibe für diese Betrachtung wurde der Zeitraum 2008–2012 gewählt.

Betrachtet man die Gesamtjahre (hier ohne Abbildung) so nehmen die Unterschiede zur Referenzzeitscheibe von 2013–2017 zu 2018–2022 zu. In der Zeitscheibe 2013–2022 zeigen sich nur für einzelne Rasterzellen Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen. Eine Ausnahme stellt der Sektor W dar, der

in seiner Häufigkeit für knapp ein Drittel der Rasterzellen zunimmt. In der darauffolgenden Zeitscheibe sind teilweise konsistentere Veränderungen sichtbar. In der Zeitscheibe 2018–2022 weisen 20 der analysierten Rasterzellen Abnahmen in der Häufigkeit für den Sektor NE zwischen 1 % und 5 % auf. Dies gilt ebenfalls für den Windsektor W, wo 23 von 30 Rasterzellen eine Abnahme der Häufigkeit dieses Windsektors zwischen 1 % und 5 % erkennen lassen. Dies stellt auch einen deutlichen Unterschied im Vergleich zur Zeitscheibe 2013–2017 dar, wo teilweise Zunahmen für den Windsektor W zu verzeichnen waren. Der Windsektor N zeigt für 17 Rasterzellen eine Zunahme in der Häufigkeit zwischen 1 % und 5 % gegenüber der Referenz (2008–2022). Die Veränderungen in der Windrichtungsverteilung stellen sich jedoch nicht so rasterzellenübergreifend in Bezug auf einzelne Windsektoren dar wie bspw. in Abbildung 4 zu sehen. Die Änderungen in den Windrichtungsverteilungen für das Gesamtjahr sind für die Windrichtungen in 100 m etwas ausgeprägter als in 10 m Höhe über Grund.

Im Folgendem wird zunächst auf die Wintermonate Dezember, Januar, Februar eingegangen und anschließend auf die Sommermonate Juni, Juli und August.

Abbildung 7 zeigt die Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen für die Zeitscheiben 2013–2017 und 2018–2022 in Referenz zur Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Dezember, Januar und Februar. Konsistente Unterschiede für beide Zeitscheiben in Bezug auf die Referenzzeitscheibe 2008–2012 zeigen sich im Windsektor NE (Abnahme Häufigkeit) sowie S und SW (jeweils Zunahmen in der Häufigkeit). In der Zeitscheibe 2018–2022 weist der Windsektor W für alle Rasterzellen eine höhere Häufigkeit auf als in der Referenzzeitscheibe. Der Windsektor W zeichnet sich in der Zeitscheibe 2013–2017 hingegen durch eine wechselnde Charakteristik bezüglich seiner Häufigkeitsveränderung aus (keine/kaum Änderungen, Zunahme, Abnahme). In der Zeitscheibe 2018–2022 sind die Abnahmen in der Häufigkeit für E und SE nochmal etwas ausgeprägter als in der Zeitscheibe 2013–2017 (Anzahl betroffener Rasterzellen, Betrag der Änderungen).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Sektoren S, SW und W in Bezug auf die Referenz (2008–2012) zunehmend an Bedeutung über die beiden Zeitscheiben 2013–2017 sowie 2018–2022 gewinnen. Für die Sektoren E und SE gilt die gegensätzliche Aussage. Für den Sektor NW lässt keine solche Aussage treffen. Diese grundsätzlichen Aussagen stimmen mit den Aussagen für die Windrichtungen in 10 m über Grund überein.

Abbildung 8 zeigt die Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen für die Zeitscheiben 2013–2017 und 2018–2022 in Referenz zur Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Juni, Juli, August. Betrachtet man diese Abbildung, so ist zu sehen, dass in der Zeitscheibe 2013–2017 die Sektoren SW und W durch Abnahmen in ihrer Häufigkeit gegen über der Referenzzeitscheibe 2008–2012 auffallen. Dies stellt sich für nahezu alle betrachteten Rasterzellen dar. Vereinzelt Abnahmen in der Häufigkeit sind

auch für den Windvektor S zu finden (7 Rasterzellen). Die Sektoren NE, NW und N zeigen Zunahmen in den Häufigkeiten für mehr als zwei Drittel der Rasterzellen. Die Sektoren E und SE zeigen kaum/keine Veränderung in ihrer Häufigkeit bzw. nur für einzelne Rasterzellen. In der Zeitscheibe 2018–2022 sind die Abnahmen in der Häufigkeit für S, SW und W noch ausgeprägter als in der Zeitscheibe 2013–2017 (Anzahl betroffener Rasterzellen, Betrag der Änderungen). Das gleiche gilt für die Zunahmen in den Häufigkeiten für die Sektoren NW und N. Die Sektoren E und SE gewinnen in der Zeitscheibe 2018–2022 gegenüber der Referenzzeitscheibe für viele Rasterzellen an Bedeutung.

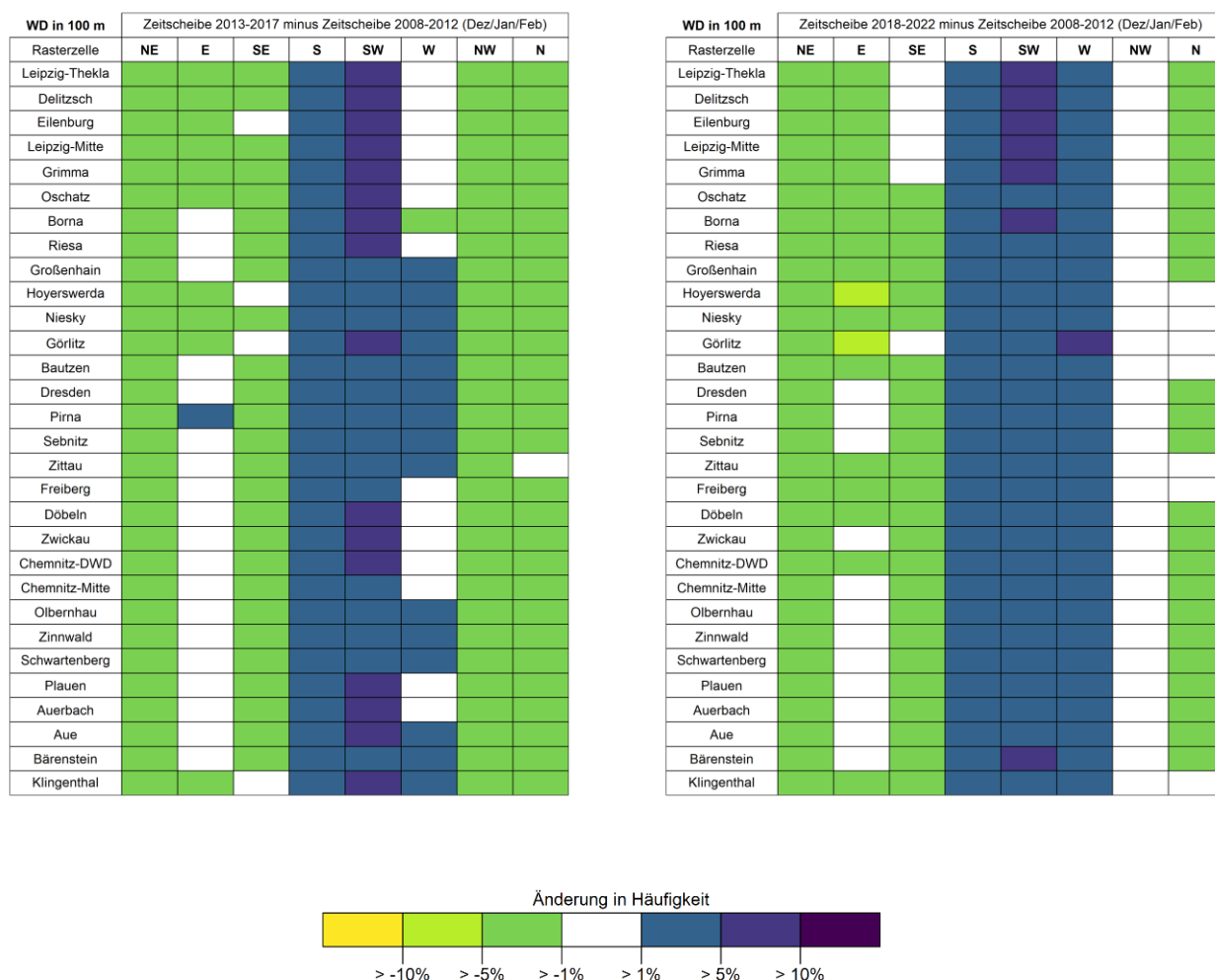


Abbildung 7: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018-2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Monate Dezember, Januar, Februar.

Es ist zu beachten, dass gelbe und grüne Töne Abnahmen in der Häufigkeit bedeuten und blaue Töne Zunahmen in den Häufigkeiten. Die Abbildung bezieht sich auf den Wind in 100 m Höhe über Grund.

Insgesamt lässt sich für die Sommermonate feststellen, dass die Sektoren S, SW und W in Bezug auf die Referenz (2008–2012) zunehmend an Bedeutung über die beiden Zeitscheiben 2013–2017 sowie 2018–2022 verlieren während die Sektoren NW, N, E und SE zunehmend an Bedeutung gewinnen. Für den

Sektor NE lässt sich keine solche Aussage treffen. Diese grundsätzlichen Aussagen stimmen mit den Aussagen für die Windrichtungen in 10 m über Grund überein.

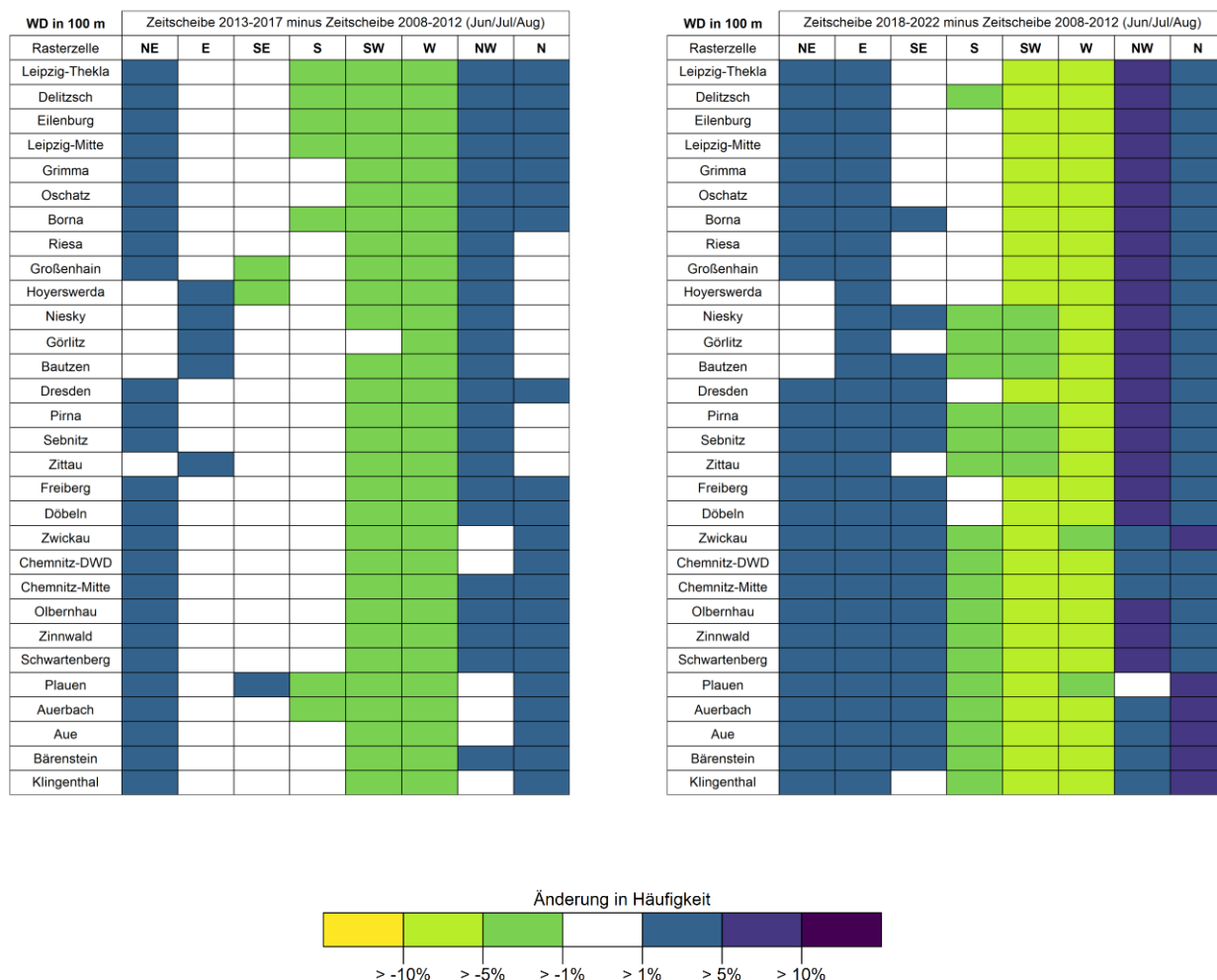


Abbildung 8: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für die Zeitscheibe 2013–2017 (links) sowie 2018–2022 (rechts) in Bezug auf die Zeitscheibe 2008–2012, jeweils für die Juni, Juli, August.

Es ist zu beachten, dass gelbe und grüne Töne Abnahmen in der Häufigkeit bedeuten und blaue Töne Zunahmen in den Häufigkeiten. Die Abbildung bezieht sich auf den Wind in 100 m Höhe über Grund.

4 Änderungen der Windrichtungsverteilungen vor einem längerfristigen Hintergrund

Die Frage, ob die festgestellten (moderaten) Änderungen in den Windrichtungsverteilungen als eher ungewöhnlich zu anzusehen sind, liegt nahe. Um diesen Aspekt etwas näher zu betrachten, wurden fünfjährige Zeitscheiben beginnend mit 1993 betrachtet. Als Referenz wurde die Zeitscheibe 1988–1992 gewählt.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf den Wind in 100 m Höhe über Grund. Die zugehörigen Abbildungen finden für den Wind in 100 m Höhe finden sich im Anhang (Seite 24).

Für die Sommermonate zeigt sich, dass die Zeitscheibe 2018–2022 im Vergleich zu 1988–1992 die markantesten Abnahmen für die Sektoren S, SW und W seit 1993 zeigt. Ein vergleichbares Muster der Änderungen findet sich für die Zeitscheibe 1993–1997, jedoch nicht so ausgeprägt. Über die fünfjährigen Zeitscheiben beginnend mit 1993 lässt sich kein eindeutiger Trend in den Änderungen der Windrichtungsverteilungen feststellen.

Für die Wintermonate zeigt sich, dass die festgestellten Zunahmen für die Windsektoren S, SW und W daraus resultieren, dass in der Zeitscheibe 2008–2012 diese Windrichtungssektoren seltener auftraten. Die Abnahmen gegenüber der Zeitscheibe 1988–1992 sind hier am deutlichsten ausgeprägt. In den beiden fünfjährigen Zeitscheiben, die auf die Zeitscheibe 2008–2012 folgen, treten die Windrichtungssektoren S, SW und W ebenfalls seltener auf als 1988–1992, jedoch nicht so ausgeprägt wie in der Zeitscheibe 2008–2012. In der Zeitscheibe 2018–2022 tritt nur noch der Windsektor SW konsistent seltener auf als in der Zeitscheibe 2008–2012.

Bei Betrachtung der gesamten Jahre heben sich Unterschiede in den Windrichtungsverteilungen im Vergleich zu 1988–1992 für die beiden Zeitscheiben 2013–2017 und 2018–2022 nicht wesentlich von denen der anderen betrachteten fünfjährigen Zeitscheiben ab.

Für den Wind in 10 m Höhe über Grund lassen sich grundsätzlich die gleichen Aussagen treffen.

5 Zusammenfassung

Die bereits festgestellten Unterschiede (siehe Abschlussbericht) in den Windrichtungsverteilungen zwischen den beiden **zehnjährigen Zeitscheiben** 2003–2012 und 2013–2022 werden durch die detaillierteren Analysen grundsätzlich bestätigt. In der Zeitscheibe 2013–2022 haben, gegenüber der Zeitscheibe 2003–2012, im Winter die Windrichtungssektoren S, SW und W an Bedeutung gewonnen, während die Windsektoren SW und W im Sommer an Bedeutung verloren haben. Die Zunahmen/Abnahmen in den Häufigkeiten der Windsektoren liegt dabei nicht über 5%. Bei Betrachtung der Gesamtjahre ohne saisonale Unterscheidungen zeigen sich kaum Unterschiede im Vergleich zum Referenzzeitraum (2003–2012).

Bei Betrachtung der **fünffährigen Zeitscheiben** 2013–2017 und 2018–2022 jeweils in Referenz zu 2008–2012 lässt sich für die Wintermonate feststellen, dass die Sektoren S, SW und W in Bezug auf die Referenz (2008–2012) zunehmend an Bedeutung über die beiden Zeitscheiben 2013–2017 und 2018–2022 gewinnen. Für die Sommermonate hingegen verlieren die Sektoren S, SW und W in Bezug auf die Referenz (2008–2012) zunehmend an Bedeutung über diese beiden Zeitscheiben. Die Unterschiede im Bezug zur Referenz liegen maximal zwischen 5 % und 10 % und fallen damit teilweise etwas größer aus als für die zehnjährige Betrachtungsweise. Dementsprechend sind die festgestellten Unterschiede bei Betrachtung der Gesamtjahre ebenfalls etwas größer, zeigen aber kein solch konsistentes Bild wie für die Winter- oder Sommermonate.

Bei Betrachtung der festgestellten Änderungen vor einem **längerfristigen Hintergrund** auf Basis von fünffährigen Zeitscheiben (Referenz 1988–1992) zeigt sich, dass die, für den Sommer, festgestellten Abnahmen in den Häufigkeiten der Sektoren, S, SW und W für die Zeitscheibe 2018–2022 im Vergleich zur Referenz 1988–1992 am ausgeprägtesten waren. Die festgestellten Zunahmen für die Windrichtungssektoren im Winter sind eher darauf zurückzuführen, dass diese Windsektoren in der Zeitscheibe 2008–2012 im Vergleich zur Referenz 1988–1992 am wenigsten auftraten. Weder für die betrachteten Sommermonate noch die Wintermonate lässt sich eine Tendenz feststellen in dem Sinne, dass bestimmte Windsektoren stetig an Bedeutung gewinnen bzw. verlieren. Diese Aussage trifft auch auf die Betrachtung der Gesamtjahre zu. Weiterhin zeigt diese Analyse, dass die Ergebnisse von der Wahl des Referenzzeitraums abhängig sind.

Grundsätzlich ist, unabhängig von der Länge der gewählten Zeitscheiben festzustellen, dass die Änderungen in den Windrichtungen zw. 100 m und 10 m Höhe viele Gemeinsamkeiten aufweisen, jedoch nicht komplett identisch sind. Als wahrscheinlichste Ursache ist hier der größere Einfluss des Untergrundes in 10 m Höhe anzusehen.

Für die Ergebnisse ist zu beachten, dass Modellergebnisse analysiert wurden. Obwohl in ERA5 eine Vielzahl von Messdaten assimiliert werden, liegen den Berechnungen vereinfachende Annahmen zugrunde. Beispielsweise haben die analysierten Rasterzellen eine horizontale Ausdehnung von ca. 30 km x 30 km. Räumliche Gegebenheiten, die kleiner sind und einen Einfluss auf die Windrichtungsverteilung an einem konkreten Ort haben, können so nicht aufgelöst werden. Die von ihnen ausgehenden Effekte können somit auch nicht in den Modellergebnissen enthalten sein. Um die Ergebnisse besser abzusichern, ist es empfehlenswert, die vorgefundenen Windrichtungsverteilungen anhand von Messdaten überprüfen. Hierzu eignen sich Windrichtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD, Windrichtungen in ca. 10 m Höhe über Grund) oder Radiosondendaten, die über verschiedene Datenportale verfügbar sind (u. a. DWD).

A 1 Anhang

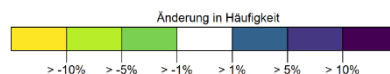
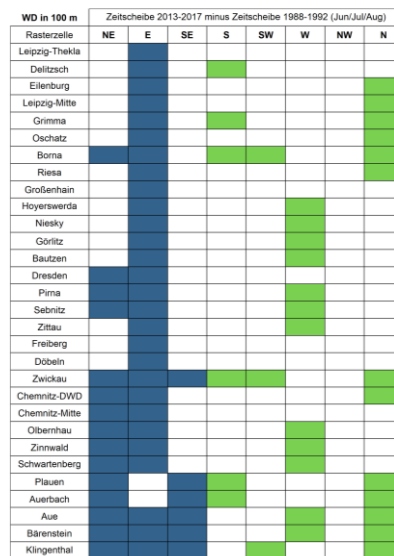
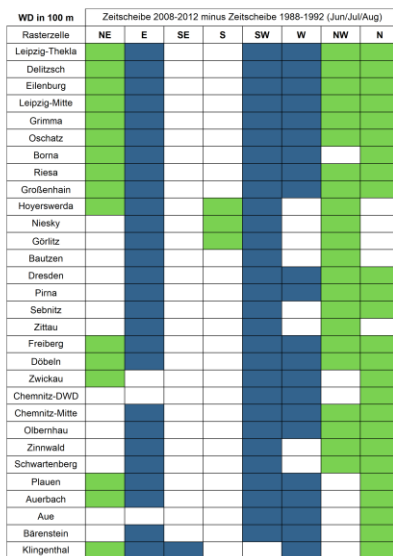
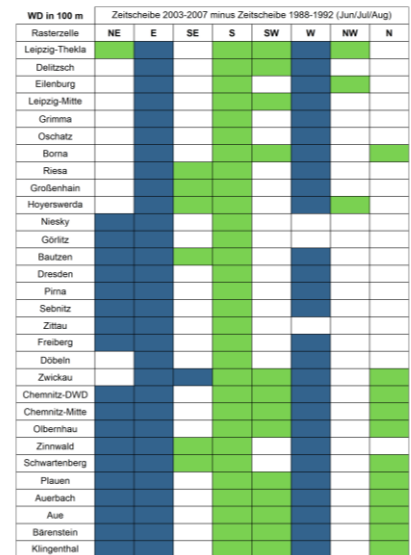
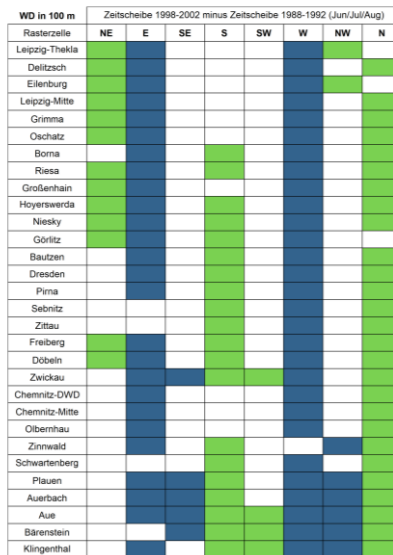
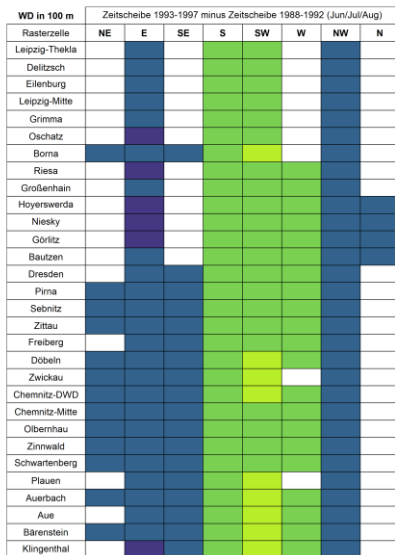


Abbildung 9: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für verschiedene fünfjährige Zeitscheiben in Referenz zu 1988–1992 für die Sommermonate Juni, Juli und August sowie die Windrichtungen in 100 m Höhe.

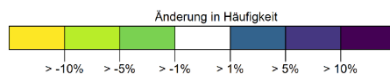
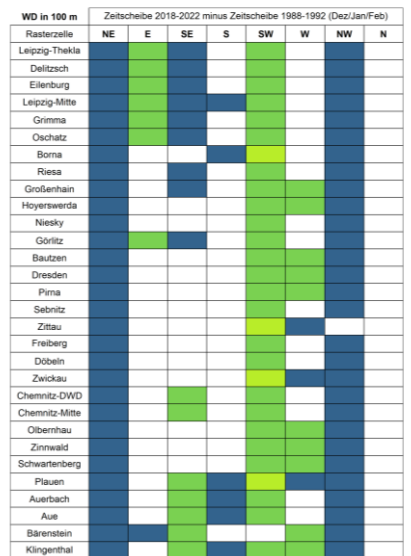
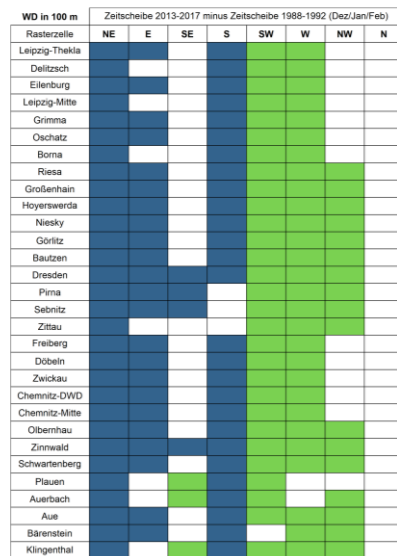
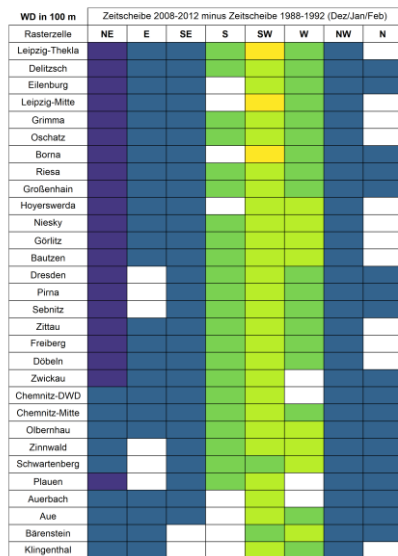
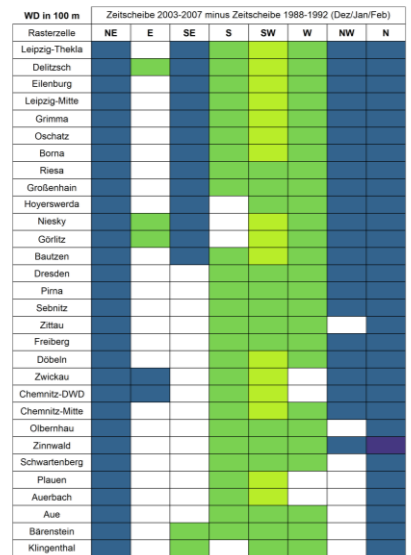
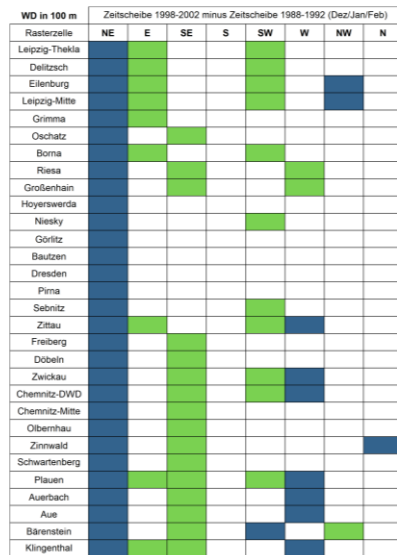
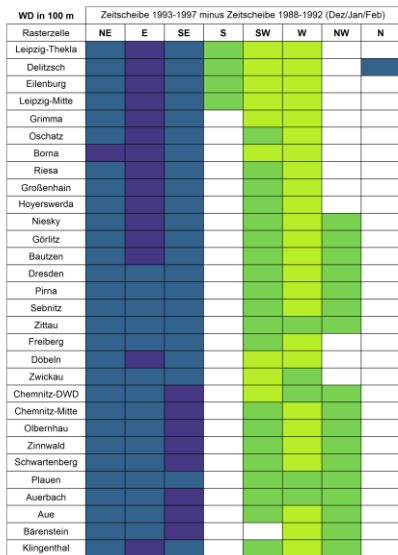


Abbildung 10: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für verschiedene fünfjährige Zeitscheiben in Referenz zu 1988–1992 für die Sommermonate Dezember, Januar und Februar sowie die Windrichtungen in 100 m Höhe

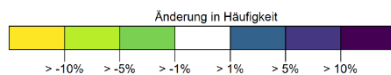
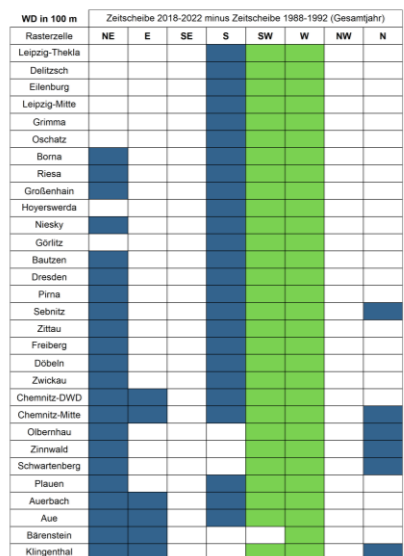
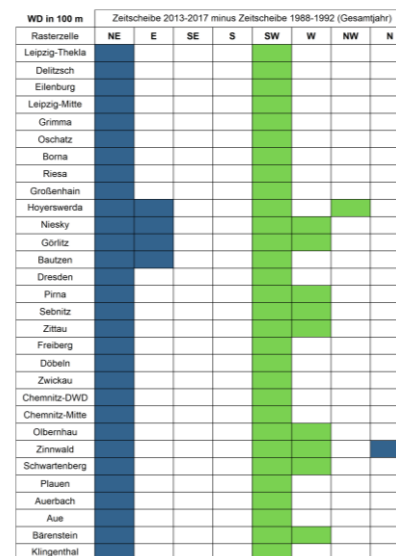
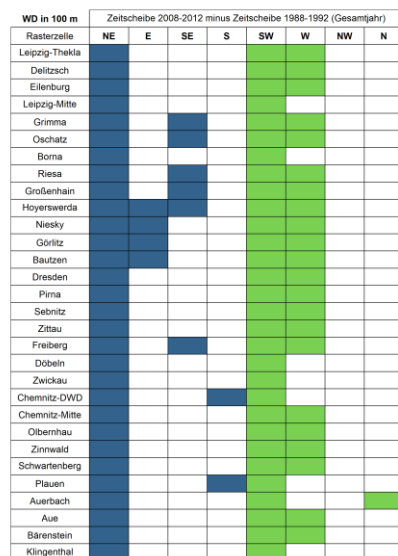
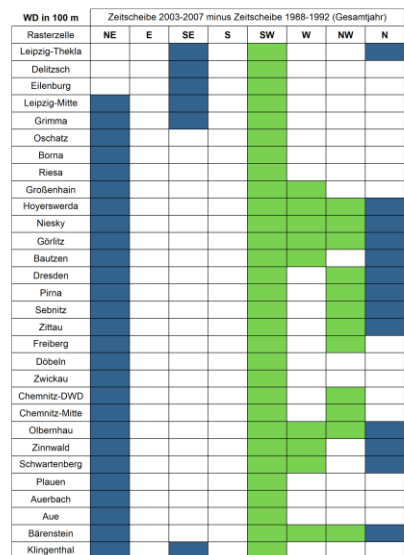
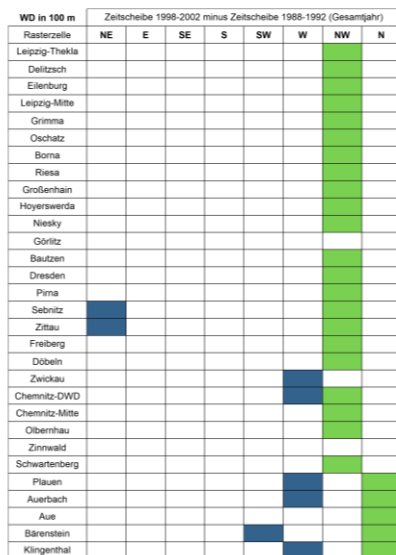
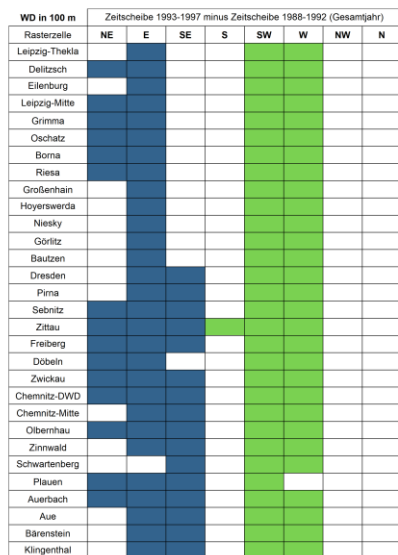


Abbildung 11: Unterschiede in der Windrichtungsverteilung für verschiedene fünfjährige Zeitscheiben in Referenz zu 1988–1992 für die Gesamtjahre sowie die Windrichtungen in 100 m Höhe.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
(LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: + 49 351 2612-0; Telefax: + 49 351 2612-1099

E-Mail: Poststelle@lfulg.sachsen.de

www.lfulg.sachsen.de

Autor:

Dr. Philipp Körner, Dr. Uta Moderow

Institut für Angewandte Meteorologie und Klimatologie (iamk GmbH)

Dr.-Wilhelm-Külz-Straße 70, 01896 Pulsnitz

Telefon: + 49 176 45747729

E-Mail: philipp.koerner@iamk-gmbh.de

Redaktion:

Dr. Johannes Franke, Dr. Susanne Bastian

Abteilung 5 - Klima, Luft, Lärm, Strahlen / Referat 55 bzw. 51

Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden

Telefon: + 49 351 2612-5500

E-Mail: johannes.franke@lfulg.sachsen.de

Titelbild:

Dr. Philipp Körner, iamk GmbH

Redaktionsschluss:

14.05.2024

ISSN:

1867-2868

Bestellservice:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei heruntergeladen werden aus der Publikationsdatenbank des Freistaates Sachsen (<https://publikationen.sachsen.de>).

Hinweis:

Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom LfULG (Geschäftsbereich des SMUL) kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Täglich für ein gutes Leben.

www.lfulg.sachsen.de