



# Meteorologie der Schallausbreitung

Langzeit-Profilprognosen an der Küste, im Flachland und im Mittelgebirge



Kennung: kwhdba.21.00

Datum: 14.09.2021

Status: Entwurf





# Inhaltsverzeichnis

1	Ein	leitung	3
		Schallausbreitung und die Meteorologie	
		Langzeit-Wetter oder Einzelfall-Wetter	
	2.2	Die Wetterdaten des Schallwetters	5
	2.3	Zielgrößen	7
	2.4	Auswahl der Ergebnisse	8
	2.5	Datenherkunft und Analyse	9
3	Die	Tabelle	. 10
4	Übe	erBella Acustica – De Bello Acustico"	. 40





## 1 Einleitung

In politischen Diskussionsrunden gehört in jüngerer Zeit ein so genannter Faktencheck zum guten Ton. Immer dann, wenn in diesen Runden beispielsweise Zahlen und Statistiken ins Feld geführt werden, auf die sich die Teilnehmer spontan nicht einigen können, verspricht die Moderatorin oder der Moderator, das Ergebnis einer Recherche ihrer/seiner Redaktion zum Sachverhalt als "Faktencheck" am nächsten Tag nachzuliefern.

Diskutieren 'Akustiker' über das Wetter geht es zumindest bei der Schallausbreitung im Freien meist um Langzeit-Pegelprognosen. In den entscheidenden Rechtsverordnungen in der Verwaltungsakustik - also dann, wenn es um Genehmigungen, Auflagen, erhebliche Belästigungen in der Nachbarschaft und Überwachungsmessungen geht – wird bei der Berechnung der relevanten Langzeit-Mittelungspegel auch das Langzeit-Wetter herangezogen. Eine solche Vorgehensweise ist auch in der wichtigen Norm DIN ISO 9613-2 vorgeschrieben.

Es geht in diesem Aufsatz nahezu ausschließlich um dieses Langzeit-Wetter. Es werden die für die Schallausbreitung relevanten meteorologischen Kenngrößen -aufgeteilt nach drei Regionen, die Ostseeküste, das norddeutsche Flachland und das Mittelgebirge – ohne weitere Diskussion der einzelnen Ergebnisse vorgestellt. Damit wird ein Datenfundus bereitgestellt, der dazu dienen möge, der Diskussion unter Akustikern über das Für und Wider von Modellansätzen der Schallausbreitung Fakten beizustellen.

kwhdba.21.00 Entwurf 14.09.2021 Seite 3





# 2 Die Schallausbreitung und die Meteorologie

#### 2.1 Langzeit-Wetter oder Einzelfall-Wetter

Die Schallausbreitung hängt zweifellos von der Temperatur (Schallkennimpedanz, Schallgeschwindigkeit, Absorption), von der Luftfeuchtigkeit (Absorption), vom Temperaturgradienten (Brechung) und vom Windgeschwindigkeitsgradienten in Schallausbreitungsrichtung ab.

#### Anmerkung

Unter Gradient wird hier die Änderung der Kenngröße in Abhängigkeit von der Höhe über Boden verstanden.

Die Schallausbreitung hängt ausgesprochen nicht von der Windstärke und der Windrichtung oder der Wolkenbedeckung ab. Sie hängt indirekt allerdings vom Niederschlagsgeschehen, der Schneehöhe und der Bodendurchfeuchtung ab, weil diese Wetterkenngrößen die Bodenreflexion beeinflussen.

Natürlich ist der Langzeit-Ansatz äußerst fraglich: Er setzt voraus, dass Gl. 1 gilt.

$$\overline{L}_{N} = \overline{L}_{0,N} + F(\overline{T}_{N}, \overline{h}_{N}, \overline{G}_{T,N}, \overline{G}_{W,N}) = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} 10^{0.1 \left\{ L_{0,n} + f\left(T_{n}, h_{n}, G_{W,n}, G_{T,n}\right)\right\}} \right]$$
 G1. 1

#### In Gl. 1 bedeutet

$\overline{T}_{N} = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} T_{n}$	Mittelwert der Umgebungstemperatur über die n Zeitabschnitte im Beobachtungszeitraum N	Gl. 2
$\overline{h}_N = \frac{1}{N} \sum_1^N h_n$	Mittelwert der Luftfeuchtigkeit über die n Zeitabschnitte im Be- obachtungszeitraum N	Gl. 3
$\overline{G}_{W,N} = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} G_{W,n}$	Mittelwert des Windgeschwindigkeitsgradienten in Schallausbrei- tungsrichtung über die n Zeitabschnitte im Beobachtungszeitraum N	Gl. 4
$\overline{G}_{T,N} = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} G_{T,n}$	Mittelwert der Temperaturgradienten über die n Zeitabschnitte im Beobachtungszeitraum N	Gl. 5

Gl. 1 sagt aus, dass der energetisch gemittelte Pegel, der für jeden Zeitabschnitt mit dem für diesen Abschnitt geltenden Wetter- und Schallausbreitungsbedingungen bestimmt wird (Schallwetter-Methode), gleich dem Pegel ist, der mit den Langzeit Wetter-Kenngrößen – also den gemittelten meteorologischen Kenngrößen berechnet wird (Langzeitwetter-Methode).

#### Anmerkung 1

Beiden Methoden wird hier eine Benennung gegeben, um sie im Folgenden kurz ansprechen zu können.

#### Anmerkung 2

Als Zeitabschnitt wird in der Regel die Tagesstunde betrachtet. In der Verwaltungsakustik ist die Stunde die kürzeste Teilzeit und damit die feinste Unterteilung einer Beurteilungszeit.

kwhdba.21.00 Entwurf 14.09.2021 Seite 4





Es wurde schon häufig gezeigt, dass das Gleichheitszeichen in Gl. 1 kaum haltbar ist. Die Schallwetter-Methode liefert stets eine Pegelverteilung, die nur in Ausnahmefällen "Gaußisch" ist, sondern häufig eher durch mindestens zwei Maxima gekennzeichnet ist. Der Mittelwert dieser Verteilung ist eigentlich kein sachgerechtes Maß zur Beschreibung der Immission als Einzahlwert.

#### 2.2 Die Wetterdaten des Schallwetters

Die Berechnung des Schallwetters setzt allerdings voraus, dass die Wetterbedingungen des Zeitabschnitts bekannt sind. Das gilt insbesondere für den Temperatur- und der Windgradienten, der die höhenabhängige Brechung in der Atmosphäre bestimmt. Das sich mit der Höhe verändernde Brechungspotential der Atmosphäre bestimmt letztlich die Schallwege von der Quelle zum Empfänger und damit auch das Signal im Empfänger.

Wenn diese Parameter nicht bekannt sind – und das ist in aller Regel der Fall – ist die Berechnung der Verteilung nicht möglich und man fällt auf das zurück, was auch im Regelfall zu ermitteln ist: Das Langzeit-Wetter nach Maßgabe der Mittelungstemperatur, der mittleren Feuchtigkeit und der Windrose für den horizontalen Bodenwind (10 m Höhe über Boden).

#### Anmerkung

Die Schallwetter-Methode ist deshalb eine akademisch physikalische Methode, die erfolgreich eingesetzt werden kann, um die Verteilungen der Immissionspegel zu verstehen, eine Lärmrose im Stundentakt zu prognostizieren, den Unterschied zwischen schallausbreitungsgünstigen und -ungünstigen aufzuschlüsseln und Vieles mehr, siehe z. B. [[1], [2], [3], [4], [5]]. Sie ist aber nicht als Methode der Wahl in der Praxis der Verwaltungsakustik für die Pegelprognose einsetzbar.

Im Folgenden geht es deshalb nur um das Langzeit-Wetter. Bei der Bestimmung dieses Langzeit-Wetters wird aber auf die meteorologischen Eingangsgrößen des Schallwetters zurückgegriffen, die für einige Orte in Deutschland für hinreichend lange Zeiträume bekannt sind. Diese Eingangsgrößen sind so genannte Profilprognosen: Abtastwerte in Höhen von bodennah bis zu 200 m Höhe der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung (Horizontalkomponente). (vgl. Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft [6]).



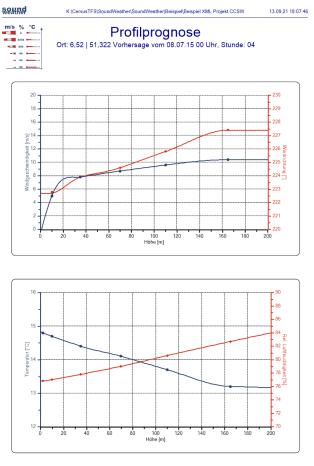


Abbildung 1 Profilprognose mit Abtastwerten und Interpolation

Solche Profilprognosen, siehe Abbildung 1, liegen in den Orten im Stundentakt vor. In den drei hier vorgestellten Orten umfasst der Zeitraum mindestens drei Jahre und erfüllt damit mühelose den Anspruch auf das Prädikat "Langzeit". Für zwei Ort handelt es sich um mehr als 40.000, für einen Ort um mehr als 25.000 jeweils aufeinanderfolgenden Stundenprognosen.





## 2.3 Zielgrößen

Aus diesen Stundenprognosen werden hier jeweils 7 Kenngrößen in ihrer Höhenabhängigkeit über den jeweils vorliegenden Zeitraum ermittelt. Für die Präsentation unten wird zwischen den Abtastwerten interpoliert. Für die Höhenabhängigkeit werden die Einzelwerte in 5-m-Höhenklassen eingeordneten und klassenweise gemittelt. Aus diesen Klassenmittelwerten werden Regressionen berechnet, die mehr oder weniger sachgerecht das Höhenprofil der Kenngröße annähern.

## 1. Temperatur

arithmetischer Mittelwert: blaue Punkte, gestrichelte Linie Standardabweichung, Regressionsgerade: rote Line

#### 2. Luftfeuchtigkeit

arithmetischer Mittelwert: blaue Punkte, gestrichelte Linie Standardabweichung, Regressionsgerade: rote Line

#### 3. Windgeschwindigkeit

arithmetischer Mittelwert: blaue Punkte, gestrichelte Linie Standardabweichung, Regression auf eine logarithmische Funktion: rote Line

#### 4. Schallgeschwindigkeitsgradient

arithmetischer Mittelwert des Gradienten, der vom Temperaturgradienten und dem Gradienten der Windgeschwindigkeit in der in der jeweiligen Höhe geltenden Windrichtung abhängt: blaue Punkte, gestrichelte Linie Standardabweichung, sonstige Linien: Exponentialfunktionen mit verschiedenen Exponenten, angelenkt am 10-m-Wert

#### 5. Ekman-Spirale

arithmetischer Mittelwert der Differenz der Windrichtung in der jeweiligen Höhe zur Windrichtung in 10 m Höhe: blaue Punkte, Regressionsparabel: rote Linie

#### 6. Stärkewindrose in 10 m Höhe

Auflösung 10°

#### 7. Stärkewindrose in 150 m Höhe

Auflösung 10°







Die Orte wurden so gewählt, dass sie für wichtige regionale Ausprägung der Meteorologie: die Ostseeküste, das norddeutsche Flachland und das Mittelgebirge im Hinblick auf die Schallausbreitung als "repräsentativ" angenommen werden können.

#### Anmerkung

Diese Aussage kann vom Autor nicht belegt werden. Sie ist zu einem hohen Anteil heuristisch.

Das Vorliegen von dichten Zeitreihen von Stundenprognosen erlaubt ihre Analyse im Hinblick auf die relevanten Beurteilungszeiten der Verwaltungsakustik und beispielsweise Jahreszeiten.

#### 2.4 Auswahl der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden für ausgewählte Jahreszeiten und Beurteilungszeiten dargestellt, siehe Tabelle 1.

Jahreszeit	Beurteilungszeit			
ganzjährig	ganztags	tags	nachts	besondere Stunde
Januar bis Dezember	0 bis 24 Uhr	6 bis 22 Uhr	22 Uhr bis 6 Uhr	22 bis 23 Uhr
Sommermonate	ganztags			
April bis September	0 bis 24 Uhr			
Wintermonate	ganztags			
Oktober bis März	0 bis 24 Uhr			

Tabelle 1 Bereitgestellte Ergebnisse für Jahreszeit und Beurteilungszeit

Die Ergebnisse mögen für sich sprechen und eine Grundlage für die Diskussion der folgenden Fragen sein, (nur eine kleine Auswahl)

- 1. Ist unterschiedliches Langzeit-Wetter für verschiedene Beurteilungszeiten anzunehmen? (Bei der Bestimmung des  $C_0$  der DIN ISO 9613-2 beispielsweise)
- 2. Welchen Einfluss hat die Ekman-Drehung der Windrichtung auf die Schallausbreitung von hochliegenden Quellen und muss man das bei der Bestimmung der Emission bei Windenergieanlagen berücksichtigen.
- 3. Unterscheidet sich das Langzeit-Wetter im Sommerhalbjahr so vom Wetter im Winterhalbjahr, dass das bei einer Immissionsprognose berücksichtigt werden sollte.
- 4. Muss man bei einer Immissionsprognose lokale Windrosen verwenden oder kann man eine regionale Windrose vorgeben?





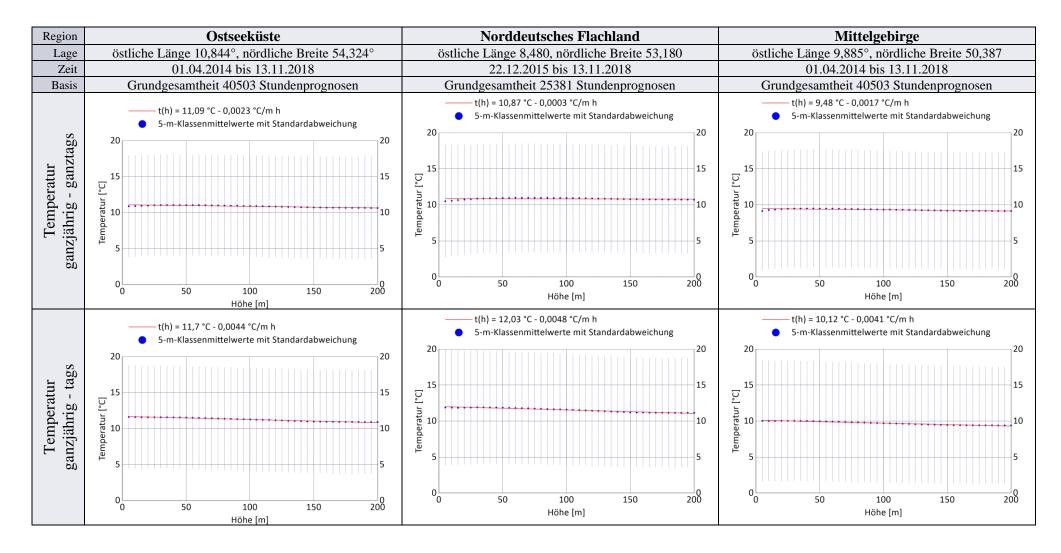
# 2.5 Datenherkunft und Analyse

Datenbeistellung	Bundesministerium der Verteidigung	
	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Bauen und Klimaschutz	
Datenquelle	Profilprognosen der MeteoGroup	
Analysewerkzeug	Programm SoundWeather der Cervus Consult GmbH	





### 3 Die Tabelle







Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Temperatur ganzjährig - nachts	t(h) = 9,87 °C + 0,002 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  0  50  100  150  200  Höhe [m]	t(h) = 8,51 °C + 0,0087 °C/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 10 0 50 100 150 200 Höhe [m]	t(h) = 8,2 °C + 0,0032 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  0  50  100  150  200  Höhe [m]
Temperatur ganzjährig - 22 bis 23 Uhr	t(h) = 10,41 °C + 0,0017 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  15  0  0  50  100  150  200  Höhe [m]	t(h) = 9,68 °C + 0,0065 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  0  5  0  100  150  200  Höhe [m]	t(h) = 8,79 °C + 0,0019 °C/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 10 0 50 100 150 200  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Luftfeuchtigkeit ganzjährig - ganztags	f(h) = 80,09% - 0,0127%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 80 75 70 65 60 60 55 50 Höhe [m]	f(h) = 78,55% - 0,017%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 80 75 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 80,01% - 0,0128%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 88 80 75 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200  Höhe [m]
Luftfeuchtigkeit ganzjährig - tags	f(h) = 77,5% - 0,003%/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 85 80 75 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 74,24% + 0,001%/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 85 80 75 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 77,64% - 0,0033%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 80 75 70 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Luftfeuchtigkeit ganzjährig - nachts	f(h) = 85,29% - 0,0323%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 885 880 75 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 87,26% - 0,0535%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 80 75 70 65 60 55 50 100 150 200  Höhe [m]	f(h) = 84,7% - 0,0322%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 885 880 75 70 65 60 60 55 50 0 50 100 150 200  Höhe [m]
Luftfeuchtigkeit ganzjährig - 22 bis 23 Uhr	f(h) = 83,96% - 0,0344%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 85 87 77 70 65 60 65 60 55 50 Höhe [m]	f(h) = 84,71% - 0,0506%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 80 75 70 65 60 55 50 100 150 200  Höhe [m]	f(h) = 83,38% - 0,0293%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 90 85 85 80 75 70 65 60 60 55 50 0 50 100 150 200  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Windgeschwindigkeit ganzjährig - ganztags	w(h) = 1,13 m/s ln(2,679/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  15  15  10  10	w(h) = 1,26 m/s ln(1,101/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  20  30  40  40  40  40  40  40  40  40  4	w(h) = 1,15 m/s ln(0,972/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20    S
Windgeschwindigkeit ganzjährig - tags	W(h) = 1,03 m/s ln(3,125/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  15  Höhe [m]	W(h) = 1,07 m/s ln(1,825/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  15  16  17  18  18  19  19  19  10  10  10  10  10  10  10	W(h) = 1,08 m/s ln(1,232/m h)  w(h) = 1,08 m/s ln(1,232/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  16  17  18  19  19  10  10  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Windgeschwindigkeit ganzjährig - nachts	w(h) = 1,33 m/s ln(1,781/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  10  Höhe [m]	w(h) = 1,66 m/s ln(-0,362/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  5  15  15  15  Höhe [m]	w(h) = 1,3 m/s ln(0,437/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  5  15  15  5  0  5  Höhe [m]
Windgeschwindigkeit ganzjährig - 22-23 Uhr	w(h) = 1,38 m/s ln(1,86/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  10  10  Höhe [m]	w(h) = 1,67 m/s ln(-0,003/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  15  15  15  16  17  18  18  19  19  19  10  10  10  Höhe [m]	w(h) = 1,44 m/s ln(0,23/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  15  15  10  10  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung g(h) = 0,092/s exp(-0,01/m h) g(h) = 0,097/s exp(-0,02/m h) g(h) = 0,102/s exp(-0,03/m h) g(h) = 0,107/s exp(-0,04/m h) g(h) = 0,112/s exp(-0,05/m h) g(h) = 0,118/s exp(-0,06/m h)  0,2	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,117/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,123/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,129/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,136/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,143/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,150/s exp(-0,06/m h)  0,2	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung g(h) = 0,107/s exp(-0,01/m h) g(h) = 0,113/s exp(-0,02/m h) g(h) = 0,118/s exp(-0,03/m h) g(h) = 0,124/s exp(-0,04/m h) g(h) = 0,131/s exp(-0,05/m h) g(h) = 0,138/s exp(-0,06/m h) 0,2
Schallgeschwindigkeitsgradient ganzjährig - ganztags	0,15  0,15  0,15  0,05  0,05  0,05  0,05  Höhe [m]	O,15  O,15  O,15  O,05  O,05  O,05  O,05  Höhe [m]	0,15  O,15  O,15  O,05  O,05  O,05  O,05  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  (h) = 0,077/s exp(-0,01/m h)  (gh) = 0,081/s exp(-0,02/m h)  (gh) = 0,085/s exp(-0,03/m h)  (gh) = 0,090/s exp(-0,04/m h)  (gh) = 0,094/s exp(-0,05/m h)  (gh) = 0,099/s exp(-0,06/m h)	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,087/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,091/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,096/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,101/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,106/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,112/s exp(-0,06/m h)	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,084/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,088/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,092/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,097/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,102/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,107/s exp(-0,06/m h)
Schallgeschwindigkeitsgradient ganzjährig - tags	0,2    0,15	0,2    Comparison of the compa	0,2    Comparison of the compa





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,122/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,128/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,135/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,142/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,149/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,156/s exp(-0,06/m h)	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,178/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,187/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,196/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,206/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,217/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,228/s exp(-0,06/m h)	<ul> <li>5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung</li> <li>g(h) = 0,156/s exp(-0,01/m h)</li> <li>g(h) = 0,164/s exp(-0,02/m h)</li> <li>g(h) = 0,172/s exp(-0,03/m h)</li> <li>g(h) = 0,181/s exp(-0,04/m h)</li> <li>g(h) = 0,190/s exp(-0,05/m h)</li> <li>g(h) = 0,200/s exp(-0,06/m h)</li> </ul>
Schallgeschwindigkeitsgradient ganzjährig - nachts	0,2    (a)	0,2    0,15	0,2   0,15   0,15   0,15   0,15   0,15   0,0





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,143/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,150/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,158/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,166/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,174/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,183/s exp(-0,06/m h)	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,220/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,232/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,244/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,256/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,269/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,283/s exp(-0,06/m h)	<ul> <li>5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung</li> <li>g(h) = 0,181/s exp(-0,01/m h)</li> <li>g(h) = 0,191/s exp(-0,02/m h)</li> <li>g(h) = 0,200/s exp(-0,03/m h)</li> <li>g(h) = 0,211/s exp(-0,04/m h)</li> <li>g(h) = 0,222/s exp(-0,05/m h)</li> <li>g(h) = 0,233/s exp(-0,06/m h)</li> </ul>
Schallgeschwindigkeitsgradient ganzjährig - 22 bis 23 Uhr	0,2  0,15  0,15  0,15  0,15  0,05  0,05  0,05  0,05  Höhe [m]	0,2    0,15	0,2   Comparison of the compar





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Ekman-Spirale ganzjährig - ganztags	d(h) = -0,46° + 0,0561°/m h - 0,000111°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 10 10 10 Höhe [m]	d(h) = -0,58° + 0,0752°/m h - 0,0001746°/m² h²	d(h) = -1,13* + 0,1285*/m h - 0,0003167*/m² h²
Ekman-Spirale ganzjährig - tags	d(h) = -0,19° + 0,0312°/m h - 5,93E-05°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 5 0 10 Höhe [m]	d(h) = -0,33° + 0,0448°/m h - 0,0001049°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 15 10 10 10 10 Höhe [m]	d(h) = -0,67° + 0,0718°/m h - 0,0001693°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 5 10 Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Ekman-Spirale ganzjährig - nachts	d(h) = -1° + 0,1064°/m h - 0,0002151°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  5  6  10  10  Höhe [m]	d(h) = -1,09° + 0,1366°/m h - 0,0003154°/m² h²	d(h) = -1,95° + 0,2355°/m h - 0,0005817°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  10  Höhe [m]
Ekman-Spirale ganzjährig - 22 bis 23 Uhr	d(h) = -0,95° + 0,0826°/m h - 0,0001336°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 5 5 Höhe [m]	d(h) = -0,47° + 0,1113°/m h - 0,0002487°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 5 5 Höhe [m]	d(h) = -0,59° + 0,2431°/m h - 0,0007505°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 5 Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose	Stärkewindrose
10-m-Stärkewindrose ganzjährig - ganztags	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  105°  240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (40501 Prognose)	330° NW 300° 285° W 255° 240° SW 210° 195° 56 165°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 13.11.2018 (25381 Prognose)	330°  NW  NO  300°  285°  W  255°  W  210°  195°  S  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (40501 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose  — 12 Beaufort — 11 Beaufort — 10 Beaufort — 9 Beaufort — 8 Beaufort — 7 Beaufort — 6 Beaufort — 5 Beaufort — 4 Beaufort — 3 Beaufort — 2 Beaufort — 1 Beaufort — 0 Beaufort  345° N 15° 330° NW NO	Stärkewindrose  — 12 Beaufort — 11 Beaufort — 10 Beaufort — 9 Beaufort — 8 Beaufort — 7 Beaufort — 6 Beaufort — 5 Beaufort — 4 Beaufort — 3 Beaufort — 2 Beaufort — 1 Beaufort — 0 Beaufort  345° N 15° 330° NW NO	Stärkewindrose
10-m-Stärkewindrose ganzjährig - tags	300°  285°  W  255°  240°  210°  195°  50  150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (26999 Prognose)	300°  285°  W  255°  240°  210°  195°  55  165°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 13.11.2018 (16919 Prognose)	300°  285°  W  255°  105°  240°  120°  3  4  50  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (23143 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose	Stärkewindrose
10-m-Stärkewindrose ganzjährig - nachts	330° NW 300° NN NO 105° NN NO NO 105° NN NO NO 105° NN NO NO 105° NN NO	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  SW  210°  195°  Se 165°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 13.11.2018 (8462 Prognose)	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  SW  210°  195°  So  150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (13502 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose  ———————————————————————————————————	Stärkewindrose
10-m-Stärkewindrose ganzjährig - 22 bis 23 Uhr	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 12.11.2018 (1687 Prognose)	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  SW  210°  195°  S  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 12.11.2018 (1057 Prognose)	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  105°  240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 12.11.2018 (1687 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose	Stärkewindrose
150-m-Stärkewindrose ganzjährig - ganztags	345° N 15° 30° NO NO 300° NO NO 285° 240° 255° 105° 240° 210° 195° 56 165° SO 150° Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (40501 Prognose)	345° N 15° 30° NO NO 300°    285°	345° N 15° 30° NO NO NO NO SW 210° 195° 56 165° SO 150° Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (40501 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose	Stärkewindrose
150-m-Stärkewindrose ganzjährig - tags	330° NNO NO	330° NNO NO	330° NW NO 300°  285° W 255° 240°  120°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (23143 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose	Stärkewindrose
150-m-Stärkewindrose ganzjährig - nachts	330° NW 300° 285° W 255° 240° SW 210° 195° S6 165°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (13502 Prognose)	330° NW 300° 285° W 255° 240° Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 13.11.2018 (8462 Prognose)	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  120°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 13.11.2018 (13502 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
	Stärkewindrose	Stärkewindrose	Stärkewindrose
150-m-Stärkewindrose ganzjährig - 22 bis 23 Uhr	330°  NW  NO  300°  285°  W  210°  195°  S  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 12.11.2018 (1687 Prognose)	330°  NW  NO  300°  285°  W  255°  240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 12.11.2018 (1057 Prognose)	330°  NW  NO  300°  285°  NO  285°  NO  105°  240°  120°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 12.11.2018 (1687 Prognose)





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen
Temperatur Sommer - ganztags	t(h) = 15,75 °C - 0,002 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  10  0  50  100  150  200  Höhe [m]	t(h) = 15,95 °C - 0,0007 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  10  10  10  Höhe [m]	t(h) = 15,13 °C - 0,0029 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  0  50  100  150  200  Höhe [m]
Temperatur Winter - ganztags	t(h) = 5,58 °C - 0,0025 °C/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 0 0 50 100 150 200 Höhe [m]	t(h) = 5,43 °C + 0,0001 °C/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 10 10 Höhe [m]	t(h) = 2,78 °C - 0,0002 °C/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  0  50  100  150  200  Höhe [m]





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
Luftfeuchtigkeit Sommer - ganztags	f(h) = 75,34% - 0,0173%/m h  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 85 80 75 70 65 60 55 50 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 73,02% - 0,0174%/m h	Claimages an interest 40505   Standard programs		
Luftfeuchtigkeit Winter - ganztags	f(h) = 85,72% - 0,0074%/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 80 75 70 65 60 55 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 84,47% - 0,0166%/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 85 80 75 70 65 60 60 55 50 0 50 100 150 200 Höhe [m]	f(h) = 88,92% - 0,0195%/m h 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  100 95 90 85 88 80 75 70 65 60 60 55 50 0 50 100 150 200  Höhe [m]		





östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°  01.04.2014 bis 13.11.2018  Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  w(h) = 0,92 m/s ln(2,838/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180  22.12.2015 bis 13.11.2018  Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen  ——w(h) = 0,97 m/s ln(1,541/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387  01.04.2014 bis 13.11.2018  Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  w(h) = 0,92 m/s ln(1,183/m h)	
Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  —— w(h) = 0,92 m/s ln(2,838/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen ——w(h) = 0,97 m/s ln(1,541/m h)	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	
——w(h) = 0,92 m/s ln(2,838/m h)  ■ 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung			
<ul> <li>5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung</li> </ul>	1 7 1 1 1 7	w(h) = 0,92 m/s ln(1,183/m h)	
20	20		
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 1	15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 1	15	
w(h) = 1,37 m/s ln(2,492/m h) 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung	w(h) = 1,58 m/s ln(0,63/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung	w(h) = 1,42 m/s ln(0,722/m h)  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  20  20	
0 50 100 150 200	0 50 100 150 200	15	
	15   15   15   15   16   16   16   16	15   15   15   15   15   15   15   15	





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,074/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,078/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,082/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,086/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,090/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,095/s exp(-0,06/m h)  0,2	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,092/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,096/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,101/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,107/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,112/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,118/s exp(-0,06/m h)	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,094/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,099/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,104/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,109/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,114/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,120/s exp(-0,06/m h)		
Schallgeschwindigkeitsgradient Sommer - ganztags	0,2    (u)   (u)	0,2   0,15   0,15   0,15   0,0	0,2   Comparison of the compar		





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge			
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387			
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018			
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen			
	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,113/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,119/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,125/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,132/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,138/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,145/s exp(-0,06/m h)  0,2	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,144/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,152/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,159/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,167/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,176/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,185/s exp(-0,06/m h)  0,2	5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  g(h) = 0,123/s exp(-0,01/m h)  g(h) = 0,129/s exp(-0,02/m h)  g(h) = 0,136/s exp(-0,03/m h)  g(h) = 0,143/s exp(-0,04/m h)  g(h) = 0,150/s exp(-0,05/m h)  g(h) = 0,158/s exp(-0,06/m h)  0,2			
Schallgeschwindigkeitsgradient Winter - ganztags	0,15  0,15  0,05  0,05  0,05  0,05  0,05  0,05  0,05  Höhe [m]	0,15  0,15  0,15  0,15  0,05  0,05  0,05  0,05  0,05  Höhe [m]	0,15  O,15  O,05  O,05			





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
Ekman-Spirale Sommer - ganztags	d(h) = -0,26° + 0,0434°/m h - 8,75E-05°/m² h² 5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20 15 15 10 10 Höhe [m]	d(h) = -0,42° + 0,0712°/m h - 0,0001885°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  5  Höhe [m]	d(h) = -0,76° + 0,118°/m h - 0,0003267°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  5  Höhe [m]		
Ekman-Spirale Winter - ganztags	d(h) = -0,69° + 0,0712°/m h - 0,0001388°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  5  Höhe [m]	d(h) = -0,74° + 0,0794°/m h - 0,0001598°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  15  5  Höhe [m]	d(h) = -1,58° + 0,1409°/m h - 0,0003049°/m² h²  5-m-Klassenmittelwerte mit Standardabweichung  20  15  10  10  5  Höhe [m]		





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
10-m-Stärkewindrose Sommer - ganztags	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  Stärkewindrose  12 Beaufort 11 Beaufort 10 Beaufort 7 Beaufort 4 Beaufort 4 Beaufort 10 Beaufort 1	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen  Stärkewindrose  ———————————————————————————————————	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  Stärkewindrose  ——12 Beaufort ——11 Beaufort ——10 Beaufort ——9 Beaufort ——5 Beaufort ——4 Beaufort ——3 Beaufort ——2 Beaufort ——1 Beaufort ——0 Beaufort ——0 Beaufort ——15 Beaufort ——1 Beaufort ——10 Beaufo		
	SW  210°  195°  So  150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 30.09.2018 (21960 Prognose)	SW  210°  195°  5  150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2016 bis 30.09.2018 (13176 Prognose)	SW 210° 195° S 150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 30.09.2018 (21960 Prognose)		





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
	Stärkewindrose  ———————————————————————————————————	Stärkewindrose  — 12 Beaufort — 11 Beaufort — 10 Beaufort — 9 Beaufort — 8 Beaufort — 7 Beaufort — 6 Beaufort — 5 Beaufort — 4 Beaufort — 3 Beaufort — 2 Beaufort — 1 Beaufort — 0 Beaufort  345° N 15°	Stärkewindrose		
10-m-Stärkewindrose Winter - ganztags	345° N 15° 30° NO 300° 60° 75° 240° 255° 2 105° 5 165° 150° 105° Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.10.2014 bis 13.11.2018 (18541 Prognose)	345° N 15° 30° NO 300°	345° N 15° 30° NO NO 300°		





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
rkewindrose - ganztags	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  Stärkewindrose  — 12 Beaufort — 11 Beaufort — 10 Beaufort — 9 Beaufort — 5 Beaufort — 4 Beaufort — 3 Beaufort — 2 Beaufort — 1 Beaufort — 0 Beaufort — 0 Beaufort  345° N 15° 30° NW NO  300°  285°  W 0 0 0	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen  Stärkewindrose  ——12 Beaufort ——11 Beaufort ——10 Beaufort ——9 Beaufort ——5 Beaufort ——4 Beaufort ——6 Beaufort ——2 Beaufort ——1 Beaufort ——0 Beaufort ——0 Beaufort ——15 Beaufort ——1 Beaufort ——10 Beaufo	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen  Stärkewindrose		
150-m-Stä Sommer	255°  240°  4  120°  4  SO  6  150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 30.09.2018 (21960 Prognose)	255°  240°  3  120°  3  4  150°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2016 bis 30.09.2018 (13176 Prognose)	255°  240°  3  4  50  120°  3  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.04.2014 bis 30.09.2018 (21960 Prognose)		





Region	Ostseeküste	Norddeutsches Flachland	Mittelgebirge		
Lage	östliche Länge 10,844°, nördliche Breite 54,324°	östliche Länge 8,480, nördliche Breite 53,180	östliche Länge 9,885°, nördliche Breite 50,387		
Zeit	01.04.2014 bis 13.11.2018	22.12.2015 bis 13.11.2018	01.04.2014 bis 13.11.2018		
Basis	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 25381 Stundenprognosen	Grundgesamtheit 40503 Stundenprognosen		
	Stärkewindrose	Stärkewindrose  12 Beaufort — 11 Beaufort — 10 Beaufort — 9 Beaufort — 8 Beaufort — 7 Beaufort — 6 Beaufort — 5 Beaufort — 4 Beaufort — 3 Beaufort — 2 Beaufort — 1 Beaufort — 0 Beaufort  345° N 15° 330° 30°	Stärkewindrose		
150-m-Stärkewindrose Winter - ganztags	330°  NW  NO  300°  285°  W  255°  240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.10.2014 bis 13.11.2018 (18541 Prognose)	330°  NW  300°  285°  W  255°  240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 22.12.2015 bis 13.11.2018 (12205 Prognose)	330° NW NO 300° 285°  W 255°  240°  105° 240°  Auftrittshäufigkeit der Windklassen in Prozent 01.10.2014 bis 13.11.2018 (18541 Prognose)		



#### 4 Verweise

- [1] Hirsch, K.-W.: "Grundlagen und Anwendungen des Schallwetters", Lärmbekämpfung Bd. 9(2014) Nr. 6 November, S. 267 275
- [2] Hirsch, K.-W.; Vogelsang, B. M: "Meteorologische Korrekturen Ermittlung auf der Grundlage einer Pegelstatistik", Fortschritte der Akustik, DAGA'2015, DEGA e.V., Nürnberg
- [3] Hirsch, K.-W.; Vogelsang, B. M: "Cmet Der Weg zu einem präzisen Ergebnis", Lärmbekämpfung (2021) Nr. 4 November, S. 114 120
- [4] Hirsch, K.-W.: "Überreichweiten", Akustik Journal, 2019, Heft 1, S. 7 bis 15
- [5] Hirsch, K.-W: "Sound weather methods and applications" Proceedings Internoise 2016, Hambourg
- [6] Mitteilungen DGM: "Wetter gegen den Lärm", 02/2014 S. 27-28, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, www.dmg-ev.de ISSN 0177-8501

kwhdba.21.00 Entwurf



# 5 Über "Bella Acustica – De Bello Acustico"



# Eine Sammlung von Aufsätzen zu ausgewählten Themen der Akustik aus der ganz persönlichen Sicht des Autors

<b>Prolog</b> Die Schöne und der Krieg	kwhdba.00.02 2018-10-31	Е
<b>Dezibels</b> Warum sich Akustiker in der Wüste am wohlsten fühlen	kwhdba.01.01 2018-10-07	Е
<b>Bewertungen</b> Wie die Ohren hören sollten	kwhdba.02.01 2016-11-09	Е
<b>Zeit begreifen</b> Zeitbegriffe	kwhdba.03.00 2016-11-12	F
Rote Rosen Prognosen mit dem Schallwetter	kwhdba.04.00 2016-11-12	I
Pegelsalat Zur systematischen Kennzeichnung von Schallpegeln	kwhdba.05.00 2016-11-12	F
<b>Vom Harten und Weichen</b> Bodenreflexionen im Freien	kwhdba.06.00 2016-11-12	I
Atmosphärische Störungen Über Messungen im Freien	kwhdba.07.00 2016-11-21	F
Projectile Sound To Whom It May Concern	kwhdba.08.01 2018-08-22	Е
<b>Überreichweiten</b> Über Zonen abnormaler Hörbarkeit	kwhdba.09.1 2018-09-17	Е
Götzenverehrung DIN ISO 9613	kwhdba.10.01 2018-10-06	К
Krumme Hunde Schallkreise in der Luft	kwhdba.11.02 2018-11-09	Е
Kanonische Karten Über klare Kanten in der Lärmakustik	kwhdba.12.0 2019-03-15	I
	Dezibels Warum sich Akustiker in der Wüste am wohlsten fühlen  Bewertungen Wie die Ohren hören sollten  Zeit begreifen Zeitbegriffe  Rote Rosen Prognosen mit dem Schallwetter  Pegelsalat Zur systematischen Kennzeichnung von Schallpegeln  Vom Harten und Weichen Bodenreflexionen im Freien  Atmosphärische Störungen Über Messungen im Freien  Projectile Sound To Whom It May Concern  Überreichweiten Über Zonen abnormaler Hörbarkeit  Götzenverehrung DIN ISO 9613  Krumme Hunde Schallkreise in der Luft  Kanonische Karten	Dezibels Warum sich Akustiker in der Wüste am wohlsten fühlen  Dezibels Warum sich Akustiker in der Wüste am wohlsten fühlen  Dezibels Warum sich Akustiker in der Wüste am wohlsten fühlen  Dezibels Wertungen Wie die Ohren hören sollten  Zeit begreifen Zeit begreifen Zeitbegriffe  Zo16-11-12  Rote Rosen Prognosen mit dem Schallwetter  Pegelsalat Zur systematischen Kennzeichnung von Schallpegeln  Zur systematischen Kennzeichnung von Schallpegeln  Zo16-11-12  Vom Harten und Weichen Bodenreflexionen im Freien  Zo16-11-12  Atmosphärische Störungen Über Messungen im Freien  Projectile Sound To Whom It May Concern  Über Zonen abnormaler Hörbarkeit  Zo18-09-17  Götzenverehrung DIN ISO 9613  Krumme Hunde Schallkreise in der Luft  Kwhdba.12.0  Kanonische Karten

kwhdba.21.00 Entwurf



ĺ	<b>€</b>		<b>Jericho</b> Über Trompeten, Mauern und Schallstrahlungsdruck							Е
C	met	<b>Cmet</b> Die me	Cmet Die meteorologische Korrektur der DIN ISO 9613-2							Е
**	40×	Schieß Immiss	<b>Slärm</b> ionsschutz auf Schießplä	tzen f	<sup>≘</sup> ür∖	/erwaltuı	ngsakustiker	kwhdba.15.0 2020-04-17		Е
1/5	× 5	Rasterdecken Massiver baulicher Schallschutz auf Schießständen						kwhdba.16.0 2020-04-17		Е
JIO SE	siert siert	Glossiert  Akustik mit Humor						kwhdba.17.0 2020-06-10		Е
$\pi = 3$ $\pi = 3$	14 <sub>√</sub>	<b>Richt</b> i Qualit	igkeit ätssicherung mit der DIN	I 4568	37			kwhdba.18.0 2021-02-03		Е
Witness 2	Einwirkungsbereich Bedeutung und Nutzung des Konzepts in der TA Lärm					kwhdba.19.0 2021-04-19		Е		
Klima kv					kwhdba.20.0 2021-05-19		E			
Prol	(ife		Meteorologie der Schallausbreitung Profilprognosen an der Küste, im Flachland, im Mittelgebirge					kwhdba.21.0 2021-09-14		Е
Stand	I	Idee	erste Skizze		Е	Entwurf	kurz vor druckreif		web	
	F	Fragmente	erste Abschnitte oder Kapitel		D	Druck	Druckversion		web	
I F	К	Konzept	Konzept ohne Sprachprüfung	web						

## **Impressum**

Autor Urheberrecht Zitierhinweis Verfügbarkeit Kontakt



Karl-Wilhelm Hirsch

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

Hirsch, K.-W.: "Bella Acustica – De Bello Acustica", [Titel], [Kennung]

www.kwhirsch.de post@kwhirsch.de

kwhdba.21.00 Entwurf