

# Meteorologische Korrekturen – Ermittlung auf der Grundlage einer Pegelstatistik

Karl-Wilhelm Hirsch<sup>1</sup>, Berthold M. Vogelsang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Cervus Consult, Willich, consult@cervus.de*

<sup>2</sup>*Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, Hannover, Germany, Berthold.Vogelsang@mu.niedersachsen.de*

## Einleitung

Die meteorologische Korrektur  $C_{met}$  der DIN ISO 9613-2 dient dazu, aus dem „äquivalenten A-bewerteten Dauerschalldruckpegel bei Mitwind“  $LAT(DW)$  den „A-bewerteten Langzeitmittelungspegel“  $LAT(LT)$  zu ermitteln. Über die Bedeutung des Langzeitmittelungspegels bzw. des Dauerschalldruckpegels und des ‚Mitwind‘ oder des ‚Schallausbreitungsgünstig‘ gibt es mehr oder weniger präzise Aussagen in den einschlägigen Regelwerken, vgl. beispielsweise DIN ISO 9613-2 und VDI 3745 Blatt 1. Einfachste qualitative Beobachtungen des Bodenwindes und der Temperaturschichtung (‚leichte Inversion‘) werden in diesen Regelwerken für die Einschätzung des ‚Schallausbreitungsgünstig‘ einer Schallausbreitungssituation herangezogen.

Was aber ist ein Dauerschallpegel, ein Langzeitmittelungspegel? Sind sie abhängig von Beurteilungszeiten, Kennzeichnungszeiten, Tages-Teilzeiten oder gar Jahreszeiten? Was bedeutet ‚Langzeit‘? Welches Mittelungsverfahren ist sachgerecht? Was ist schallausbreitungsgünstig (‚favorable‘)? Was ist ‚neutral‘ im Hinblick auf eine Ausbreitungssituation? Im Folgenden werden Antworten auf diese Fragestellungen nicht auf der Basis von Wetterbeobachtungen sondern auf der Basis von Pegelstatistiken des Schallwetters formuliert.

## Schallwetter

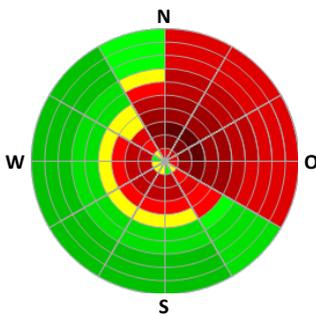


Abbildung 1  
Beispiel einer Lärmrose

In [1] bzw. [2] werden die Grundlagen und die Anwendungen des so genannten Schallwetters vorgestellt und diskutiert. Der Pegel des Schallwetters  $L_{sw}$  beschreibt die Abweichung des Immissionspegels  $L_I$  unter Berücksichtigung des Windprofils (Windgeschwindigkeit und -richtung) und des Temperaturprofils vom Pegel der Ausbreitungssituation ohne Brechung  $L_{I,ref}$ . Das Schallwetter gilt für ein gegebenes Ausbreitungsszenario, das durch die Quelle, die

Quell- und Empfangsgeometrie und die Bodenbeschaffenheit bestimmt ist. Es ist richtungs- und abstandsabhängig.

Die typische Darstellung des Schallwetters ist die Lärmrose  $L_{sw}(r, \varphi)$ , in der Abstand  $r$  in 200-m-Klassen und der Winkel  $\varphi$  in 12 Himmelsrichtungen klassiert ist.  $L_{sw}$  ist positiv bei Pegelerhöhung (rot in Abbildung 1) und negativ bei Pegelerniedrigung (grün). Abbildung 1 stellt eine solche Lärmrose dar, die eine typische Mitwindsituation nach Nordosten zeigt. Die Lärmrosen werden mit einem Strahlenmodell berechnet, das die Brechung der Strahlen in der Atmosphäre durch die Profile, die Art (Terzspektrum) und Höhe der Quelle und die Höhe des Empfängers berücksichtigt. Näheres zu dem Berechnungsverfahren ist in [2] dargestellt.

Inzwischen liegen über ein Jahr hinweg für jede Stunde des Jahres solche Prognosen für 6 ausgewählte Orte in Deutschland vor, die mehr oder weniger repräsentativ für Orte in einem Alpental, in Mittelgebirgslagen in der Rhön und im Westerwald, in der Lüneburger Heide, am Niederrhein und an der Ostseeküste vor. Diese Prognosen sind Mittelwerte für die jeweilige Stunde. Gl. 1 definiert das Schallwetter für die Stunde  $n$ .

$$L_{sw,n}(r, \varphi) = L_{I,n}(r, \varphi) - L_{I,ref}(r, \varphi) \quad \text{Gl. 1}$$

Die Grundlage der folgenden Diskussion sind die stundenbasierten Zeitreihen des Schallwetters in diesen Orten. Aus diesen Zeitreihen können Pegel-Häufigkeitsverteilungen abgeleitet werden, deren Kenngrößen entscheidende Kriterien für die Beantwortung der oben gestellten Fragen liefern.

## Das ‚ $C_{met}$ ‘

Bei dem Berechnungsverfahren des Schallwetters liegt es auf der Hand, die Ausbreitungssituation als ‚neutral‘ zu bezeichnen, die zu keiner Brechung der Strahlen führt, also den  $L_{I,ref}$ . Diese Definition ist unabhängig von Häufigkeitsverteilungen. Demzufolge wären alle Situationen, die zu höheren Pegeln schallausbreitungsgünstig, also  $L_{sw} > 0$  dB und die zu kleineren Pegeln schallausbreitungsgünstig,  $L_{sw} < 0$  dB. Die Welt ist klar geregelt. Das  $C_{met}$  dieser Welt ist aus der Zeitreihe der Stundenpegel nach Gl. 2 zu ermitteln. In Gl. 2 sind die insgesamt  $M$  Stundenpegel  $\tilde{L}_{sw,m}$  eine Teilmenge der  $N$  Stunden  $L_{sw,n}$ , für die  $L_{sw} > 0$  dB.

$$C_{met} = 10 \lg \left( \frac{1}{M} \sum_m 10^{0,1 \tilde{L}_{sw,m}} \right) - 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_n 10^{0,1 L_{sw,n}} \right) \quad \text{Gl. 2}$$

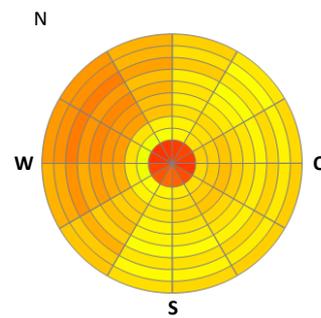
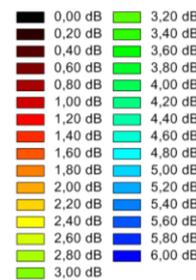


Abbildung 2  
Cmet-Rose, Da

Bei dieser Bildung des  $C_{met}$  spielt es keine Rolle, welches ‚Wetter‘ während der Stunden  $m$  geherrscht hat. Dieses  $C_{met}$  kennt kein ‚mitwind‘ oder ‚leichte Inversion‘ (vgl. DIN ISO 9613-2) sondern nur ‚schallausbreitungsgünstig‘ und ‚-ungünstig‘. Der Pegel der neutralen Ausbreitungssituation halbiert aber nicht etwa die Verteilung. Er liegt unter dem Einfluss des Ausbreitungsszenarios und des Abstandes und des Ortes der Profilprognose irgendwo in der Verteilung.

irgendwo in der Verteilung.



Wegen der bereits bei der Lärmrose eingeführten Klassierung des Schallwetters ist es sachgerecht und anschaulich, das  $C_{met}$  ebenfalls als Rose darzustellen. Alle folgenden Abbildungen gelten für Abstände bis 2 km mit einer 200 m Klassierung. Soweit nicht anders zugeordnet, gilt die linksstehenden Farbskala. Abbildung 2 zeigt die Cmet-Rose für das oben abgeleitete ‚neutrale  $C_{met}$ ‘ für den Ort im Westerwald über alle Stunden der letzten 365 Tage vor dem 22.02.2015 für das Szenario einer Rauschquelle, vgl [1].

Gl. 2 wird hier als verallgemeinerbare Definitionsgleichung für das  $C_{met}$  aufgefasst. Unterschiedliche Ausprägungen des  $C_{met}$  werden durch eine andere Bedingungen für die Bildung der Teilmenge der  $\tilde{L}_{sw,m}$  eingestellt. Es werden folgende Ausprägungen verwendet: Der Stundenpegel der Stunde  $n$  gehört auch zur Teilmenge der Stunden  $M$ , wenn

- $L_{sw,n} > 75$ er Perzentil der Pegelhäufigkeitsverteilung
- $L_{sw,n} > L_{eq}$  der Pegelhäufigkeitsverteilung
- $L_{sw,n} < 25$ er Perzentil der Pegelhäufigkeitsverteilung
- $L_{sw,n} > 50$ er Perzentil der Pegelhäufigkeitsverteilung

Neben diesen Pegelbedingungen können Zeitbedingungen für die Auswahl der Stunden  $M$  und  $N$  auferlegt werden. Folgende Bedingungen werden eingeführt (Nachts: 22-6 Uhr, Tags: 6 bis 22 Uhr):

- alle Stunden der 365 Tage des Jahres
- alle Stunden Tags der 365 Tage des Jahres
- alle Stunden Nachts der 365 Tage des Jahres
- alle Stunden Nachts in den Wintermonaten (Dez, Jan, Feb)

Abbildung 3 zeigt die  $C_{met}$ -Rosen für den Profilprognoseort Westertal für die Auswahl des 75er Perzentils (A). Diese Ausprägung teilt die Welt in (ausbreitungs)günstig, neutral und ungünstig im Verhältnis 0,25:0,5:0,25.

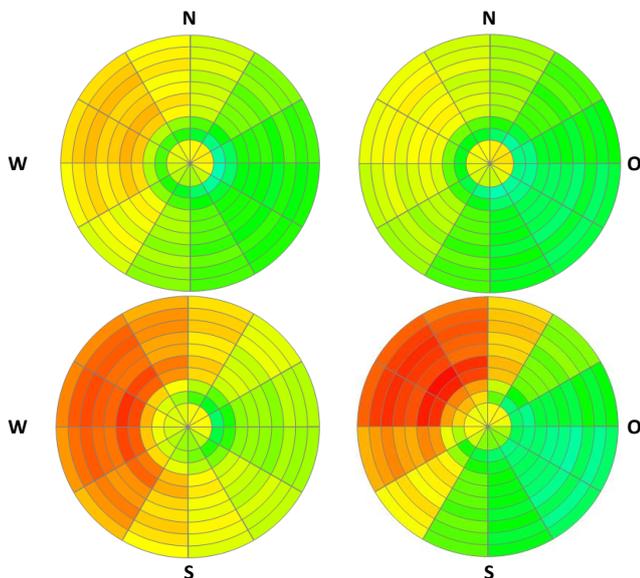


Abbildung 3

$C_{met}$ -Rosen, oben: links Aa, rechts Ab, unten: links Ac, rechts Ad

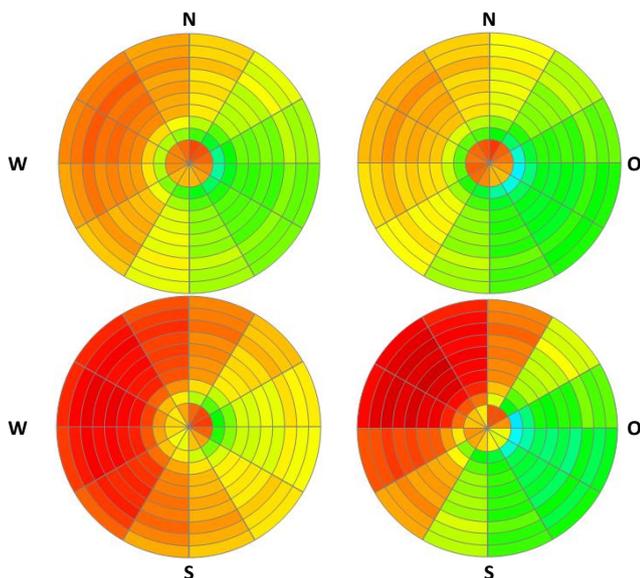


Abbildung 4

$C_{met}$ -Rosen, oben: links Ba, rechts Bb unten: links Bc, rechts Bd

Ein Argument für diese Aufteilung liefert die VDI 3745, die vorschreibt, dass nur dann eine gültige Mitwind-Ausbreitungsbedingung vorliegt, wenn die Schallausbreitungsrichtung nicht mehr als  $45^\circ$  von der Windströmungsrichtung abweicht: Sektorbreite  $90^\circ$ . Diese Ausprägung hat den Vorteil, dass sie tatsächlich eine neutrale Ausbreitungssituation kennt und es erlaubt Mittelwerte Kenngrößen dafür zu bestimmen (hier nicht diskutiert).

Abbildung 4 zeigt die  $C_{met}$ -Rosen wie in Abbildung 3 für die Ausprägung nach dem energetischen Mittelwert der Verteilung (B).

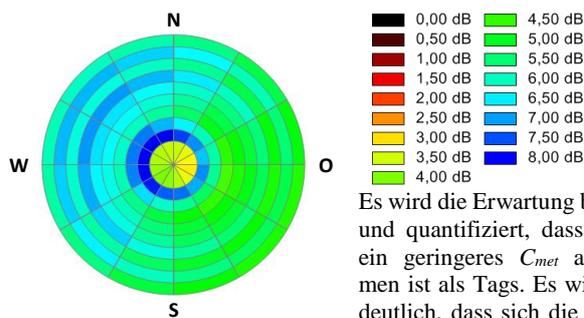


Abbildung 5  $C_{met}$ -Rose, Ca

Es wird die Erwartung bestätigt und quantifiziert, dass Nachts ein geringeres  $C_{met}$  anzunehmen ist als Tags. Es wird auch deutlich, dass sich die Wintermonate signifikant von der Mittelung über alle Stunden unterscheiden: Die Betrachtung von 3 beliebigen Monaten reicht also nicht, um die Bedingung Langzeitmittelwert zu erfüllen.

Natürlich ist nicht nur möglich das  $C_{met}$  für das 75er Überschreitungsperzentil nach B. zu bilden sondern auch in gewisser Weise ein inverses  $C_{met}$  aus dem 25er Unterschreitungsperzentil (C). Dieses  $C_{met}$  korrigiert neutrale Pegel auf die ungünstigste Schallausbreitungssituation. Es ist in Abbildung 2 zu erkennen, dass dieses  $C_{met}$  eine signifikant größere Spannweite aufweist als die anderen. Dies ist eine wichtige Aussage für die Anwendung des Schallwetters im Lärmmanagement und unterstützt gleichzeitig die Annahme, dass man die ‚Gegenwindsituation‘ bei der Bildung von Langzeitpegeln vernachlässigen kann.

### Szenario Windenergieanlage (WEA)

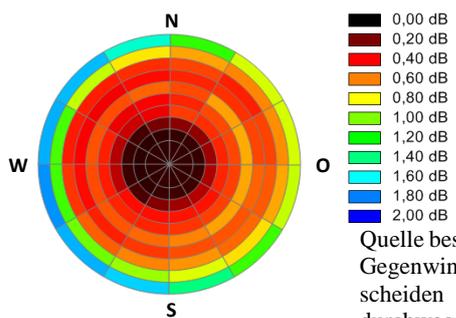


Abbildung 6

$C_{met}$ -Rose für Windenergieanlagen, Ba

Die  $C_{met}$  sind bis zu 1,6 km ausnahmslos kleiner als 0,6 dB. Es ist deshalb im Regelfall nicht gerechtfertigt, überhaupt ein  $C_{met}$  für diesen Ausbreitungsfall anzusetzen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag beantwortet nicht alle Fragen, die in der Einleitung angesprochen wurden. Er zeigt aber einen Weg auf, diese Fragen objektiv nach Maßgabe einer Pegel-Häufigkeitsverteilung zu beantworten. Das Schallwetter ist ein flexibles und sachgerechtes Werkzeug dafür.

Es liegt auf der Hand, dass mit dem Werkzeug des Schallwetters weitere Ausprägungen des  $C_{met}$  untersucht werden können. Es können aber auch einfache Fragen direkt beantwortet werden; Beispielsweise: Führt die Mitwindbedingung stets dazu, dass die zugehörigen Pegel zur Kennzeichnung ‚schallausbreitungsgünstig‘ führen? Die Antwort ist nein. Oder: Wie häufig kommen überhaupt schallausbreitungsgünstige Situationen von einer Quelle zu einem Immissionsort vor?

### Literaturhinweise

- [1] Hirsch, K.-W.: „Schallwetter“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2014, Oldenburg
- [2] Hirsch, K.-W.: „Grundlage und Anwendungen des Schallwetters“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung Bd. 9 (2014) Nr. 6 - November