

# Schallwetter

Karl-Wilhelm Hirsch

Cervus Consult, Willich, consult@cervus.de

## Einführung

Wetterberichte zählen zu den am häufigsten gehörten Nachrichtensendungen. Sie sind für viele gewerbliche Tätigkeiten im Freien genauso wichtig wie für die Planung von Aktivitäten für die nächsten Tage im Freizeitbereich.

Wie 'laut' es morgen wird, gehört nicht zum Standardangebot der Wetterdienste. Dabei ist es für Anlagenbetreiber bei der Planung besonders geräuschstarker Betriebssituationen (im Rahmen eines Beschwerde- oder Lärmmanagements beispielsweise) genauso wie für die Nachbarschaft hilfreich zu wissen, ob morgen eine besonders günstige Schallausbreitungssituation vorliegen wird oder eben gerade nicht. Eine solche Vorhersage ist das so genannte ‚Schallwetter‘; eine Vorausberechnung der Eigenschaften der Schallausbreitungsbedingungen auf der Basis vorausgesagter atmosphärischer Bedingungen.

Nur bei geringen Entfernungen lassen sich die Schallausbreitungsbedingungen aus Beobachtungen des Bodenwetters abschätzen. Bei größeren Entfernungen prägen immer mehr die Profile der Windstärke, der Windrichtung, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit die Schallausbreitung. Das Schallwetter ist also richtungs- und entfernungsabhängig.

Für die Berechnung des Schallwetters müssen zwei Randbedingungen erfüllt werden. (1) Es muss ein Schallausbreitungsmodell verwendet werden, das den Einfluss der Profile bei der Brechung und bei der Luftabsorption berücksichtigen kann. (2) Es müssen Vorhersagen für diese Profile verfügbar sein.

## Schallausbreitungsmodell

Die Berechnung des Schallwetters setzt ein Schallausbreitungsmodell voraus, das die Schallbrechung durch die Wetterprofile im 3D, zumindest geschichtet berücksichtigen kann. Technische Modelle kommen dafür in der Regel nicht infrage, weil sie lediglich pauschalisiert Wetterbedingungen unterstellen oder Korrekturen definieren, um pauschal Langzeitaussagen zu treffen. Dies gilt beispielsweise für das Schema der DIN ISO 9613-2. Weiter unten wird gezeigt, wie das Schallwetter diese Korrekturen durch eine Langzeitstatistik beurteilungszeitabhängig und ortsabhängig unterstützen kann.

Das Harmonoise-Modell unterstützt grundsätzlich Schallgeschwindigkeitsprofile und ist – mit einiger Interpretation – ein geeignetes Modell im oben geforderten Sinne. Die hier vorgestellten Ergebnisse werden mit einem weiterentwickelten Strahlenmodell berechnet, das im FOURIER-Raum die Signale aller möglichen Schallwege mit einer beliebigen Anzahl von Bodenreflexionen zwischen Quelle und Empfänger überlagert. Welches Modell bei der Berechnung des Schallwetters eingesetzt wird, ist nicht so entscheidend, weil die Aussagen des Schallwetters durchweg relativ sind.

## Profilprognose

Die Verfügbarkeit der Parameter für eine Schallausbreitungsrechnung im Freien ist eine bleibende Herausforderung aller Modelle, die die Phänomene der Schallausbreitung konkret berücksichtigen können. Ihre Zuverlässigkeit bzw. die Unsicherheit ihrer Immissionsprognose hängt zu einem signifikanten Anteil an der Zuverlässigkeit bzw. Unsicherheit der Profileingaben ab. Höchstens im gleichen Maße beeinflusst die Abbildung dieser Phänomene im Schallausbreitungsmodell die Ergebnisse, wenn man die Unsicherheiten bei Berechnung der Bodenabsorption hinzunimmt.

Das gilt umso mehr, wenn die Ausbreitungsberechnung für einen so kurzen Zeitraum erfolgen soll, dass typisch bekannte regionale

Langzeitmittelwerte der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und Bodenbeschaffenheit keine Rolle spielen. Es ist deshalb für die Prognose des Schallwetters unabdingbar, zeitlich und räumlich sachgerecht aufgelöste, möglichst zuverlässige Prognosen für die Wetterprofile einzusetzen.

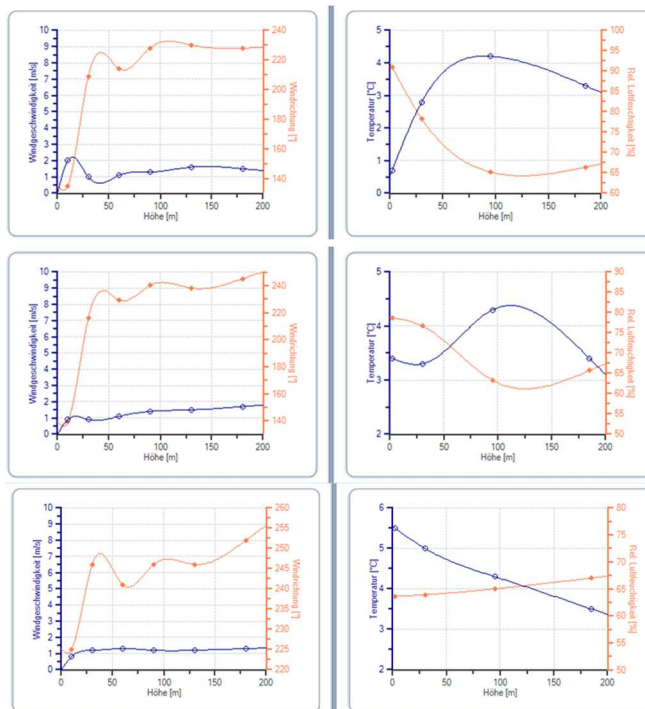


Abb. 1 Profilprognosen für 3 aufeinanderfolgende Stunden (04.03.13 07 Uhr bis 10 Uhr)

Die Bereitstellung solcher Daten ist auch eine meteorologische Herausforderung und gehört nicht zu den Standardprodukten der Wetterdienste. Seit einiger Zeit bietet die MeteoMedia (<http://www.mminternational.com>) eine besonders entwickelte sogenannte ‚Profilprognose‘ an. Diese Profilprognose nutzt verschiedenen Wettermodelle, um die Höhengschichtung der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Windstärke und der Windgeschwindigkeit im kleinzellig vorgebbaren Bereich (4 km mal 4 km) vorherzusagen. Im Höhenbereich bis 180 m werden für den Wind 6 Stützstellen und für die Temperatur und Luftfeuchtigkeit jeweils 4 Stützstellen angegeben. Zweimal am Tag, um 0 Uhr und um 12 Uhr, wird eine stundenspezifische Vorhersage der Profile für die jeweils nächsten 48 Stunden bereitgestellt.

Abb. 1 stellt die Profile für drei aufeinanderfolgende Stunden im März 2014 für einen Ort in Mittelgebirgslage dar. Man erkennt die morgendliche Temperaturinversion, die sich auflöst. Die Aussage, dass eine Inversionswetterlage vorliegen wird und wann sie sich auflöst, ist eine wichtige Information für das Lärmmanagement.

## Lärmrosen

Die Erfahrung lehrt, dass die akzeptierte Darbietung verbraucherbezogener Informationen eine gewisse ‚Einfachheit‘ mit intuitiver ‚Selbsterklärung‘ voraussetzt. Je nach Adressat mag bereits die Verwendung weniger Farb-Marken ausreichen, um z. B. den relativen Schallleistungspegel von Maschinen in ihrer Gerätegruppe zu kennzeichnen. In diesem Sinne sind auch Umgebungslärmkarten eher plakative Darstellungen von Lärmimmissionen. Für das Schallwetter

eignet sich die Darstellung der Ausbreitungsprognose durch eine ‚Lärmrose‘ – in Anlehnung an die Darstellung der Windverteilung durch eine Stärkewindrose: Lärmrosen geben in einem Polardiagramm die für ihren Gültigkeitszeitraum zu erwartende relative Lärmbelastung (eigentlich Geräuschbelastung) winkel- und abstandsabhängig an. Dabei können quell- (mit der Schallquelle im Mittelpunkt des Diagramms) und empfängerbezogene (mit einem Immissionsort im Mittelpunkt) Lärmrosen unterschieden werden.

Es sind weitgehende Setzungen erforderlich, um solche Lärmrosen eingängig angeben zu können. Im Folgenden werden die Vorgaben der Lärmrosen, die in diesem Beitrag exemplarisch angegeben werden, aufgezählt: Die Quell- und Empfängerhöhe beträgt jeweils 4 m, der Boden ist überall Grasboden mit 400 kPa s/m<sup>2</sup>, die relative Luftfeuchtigkeit ist 70% (die Profilprognose der relativen Luftfeuchtigkeit wurde nicht berücksichtigt), das Quellsignal ist ein Rosa-Rauschen von 100 Hz bis 8 kHz mit 1 W Schalleistungspegel. Es handelt sich jeweils um die Mediane der Klassen der Parameter nach dem Entwurf VDI 4101 (vgl. [2]). Der Krümmungsradius wird durch den lokalen Gradienten der Profile bei einer Höhe von 100 m / (Abstand / 5000 m) bestimmt.

Lärmrosen geben relative Pegelangaben an, d. h. relativ zu einer Standard-Ausbreitungssituation. Hier wird die Standardsituation als eine Situation ohne Brechung (jeweils mit der Höhe konstante Profile) gewählt. Abb. 2 zeigt die Lärmrosen für die Situationen und für die Stunden, für die in Abb. 1 die Profilprognosen angegeben sind.

Der Radius der Lärmrosen beträgt 2000 m. Die Winkelauflösung ist zu 30° gewählt.

Die in der Lärmrose oben deutlich erkennbare Inversionswetterlage bildet sich im Laufe der drei Stunden zurück. In der Lärmrose in der Mitte ist bereits ein schallausbreitungsgünstiger Bereich zu erkennen. Die Lärmrose unten zeigt dann bereits eine typische Mitwindsituation für den Nordwest-Wind.

Es wird bei diesem Beispiel anschaulich gezeigt, warum Lärmrosen ein sachgerechtes Werkzeug des Lärmmanagements sein können und wann Betriebssituationen vermieden werden sollten.

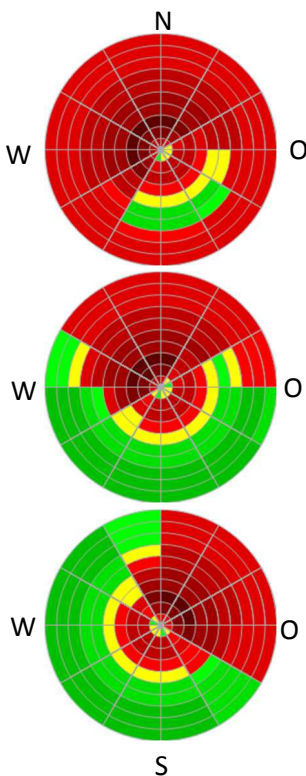
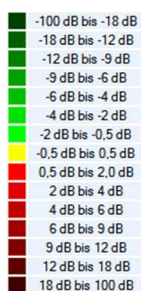


Abb. 2 Quellbezogene Lärmrosen für die Profilprognosen nach Abb. 1 (oben: 07 bis 08 Uhr, Mitte 08 bis 09 Uhr, unten: 09 Uhr bis 10 Uhr)

## Anwendungen des Schallwetters

### Lärmmanagement

Es liegt auf der Hand, dass das Schallwetter bei einem proaktiven Lärmmanagement erst die Voraussetzung dafür schafft, lärmakustisch intensive Betriebssituationen in schallausbreitungsgünstigen Ausbreitungssituationen zu vermeiden. Prognosen 48 Stunden im Voraus bieten dafür häufig einen ausreichenden Vorlauf. Insbesondere das Vermeiden solcher Aktivitäten in kritischen Inversionswetterlagen bringt erhebliche Vorteile und kann zu operativen Lärmverminderungsstrategien gehören.

## Beschwerdemanagement

Zwar ist ein Beschwerdemanagement in der Regel retrospektiv. Der Nachweis einer möglicherweise ungewöhnlichen und damit ‚seltenen‘ Wettersituation kann aber einerseits dazu beitragen, eine sachgerechte Ursache angeben zu können. Andererseits kann auch das Veröffentlichen des Schallwetters in der Darstellung von Lärmrosen für einen Betreiber nachweisen, dass er fortschrittliche Lärmvermeidungsstrategien anwendet: Lärmrosen können gegebenenfalls im Rahmen einer proaktiven Öffentlichkeitsarbeit subjektive Belästigungen mindern und die Zahl der Beschwerden senken.

### Langzeit-Immissionsprognosen

In der Lärmakustik werden häufig Mitwindsituationen und Inversionswetterlagen als schallausbreitungsgünstige Wetterbedingungen bezeichnet. Daran werden Mess- und Prognosevorschriften gebunden. Das Schallwetter geht über diesen Ansatz hinaus. Es gelingt mit dem Schallwetter, Langzeit-Mittelungspegel und ihre stundenspezifische Verteilung über das Jahr anzugeben. daraus können Lärmindeizes zur Kennzeichnung einer Lärmbelastung angegeben werden, die weit über die Möglichkeiten eines Langzeitmittelungspegels hinausgehen.

### C<sub>met</sub>

Der Zusammenhang zwischen einem Langzeit-Mittelungspegel und dem Langzeit-Mittelungspegel unter schallausbreitungsgünstigen Bedingungen (hier der energetische Mittelwert aller Werte oberhalb des 25er Perzentils) kann für eine Erhebungszeit beurteilungszeitenspezifisch angegeben werden. Es können deshalb die behördlichen Setzungen des c<sub>0</sub> der DIN ISO 9613-2 deutlich besser begründet werden, als das bisher durch einfachste Annahmen gelingt.

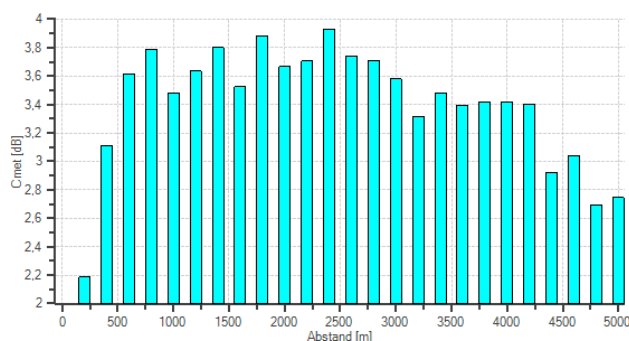


Abb. 3 Abstandsabhängigkeit des C<sub>met</sub> für die Wintermonate 12.2013 bis 02.2014 für die Schallausbreitungsrichtung West

Abb. 3 zeigt eine Prognose des C<sub>met</sub> in Abhängigkeit vom Abstand für eine Schallausbreitung in östliche Richtung für den Messort in Mittelgebirgslage. Es ist zu erkennen, dass für die zugrunde liegende Erhebungszeit, die Wintermonate 12.2013 bis 02.2014, das C<sub>met</sub> mit zunehmendem Abstand signifikant geringer wird.

## Ausblick

Das hier vorgestellte ‚Schallwetter‘ ist ein erster Ansatz. Es fehlen Modellvergleiche und Validierungen durch geeignete Langzeitmessungen, um Aussagen über die Unsicherheiten einer stündlichen Schallausbreitungsprognose auf der Basis prognostizierter Wetterprofile machen zu können.

### Literaturhinweise

- [1] MeteoMedia, Produkt Profilprognosen (<http://www.mminternational.com>)
- [2] HIRSCH, K.-W.; VOGELANG, B., M.: „Auf der Suche nach einem ‚best practice model‘ für die Schallausbreitung, oder wie vergleicht man Schallausbreitungsmodelle“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2012, Darmstadt