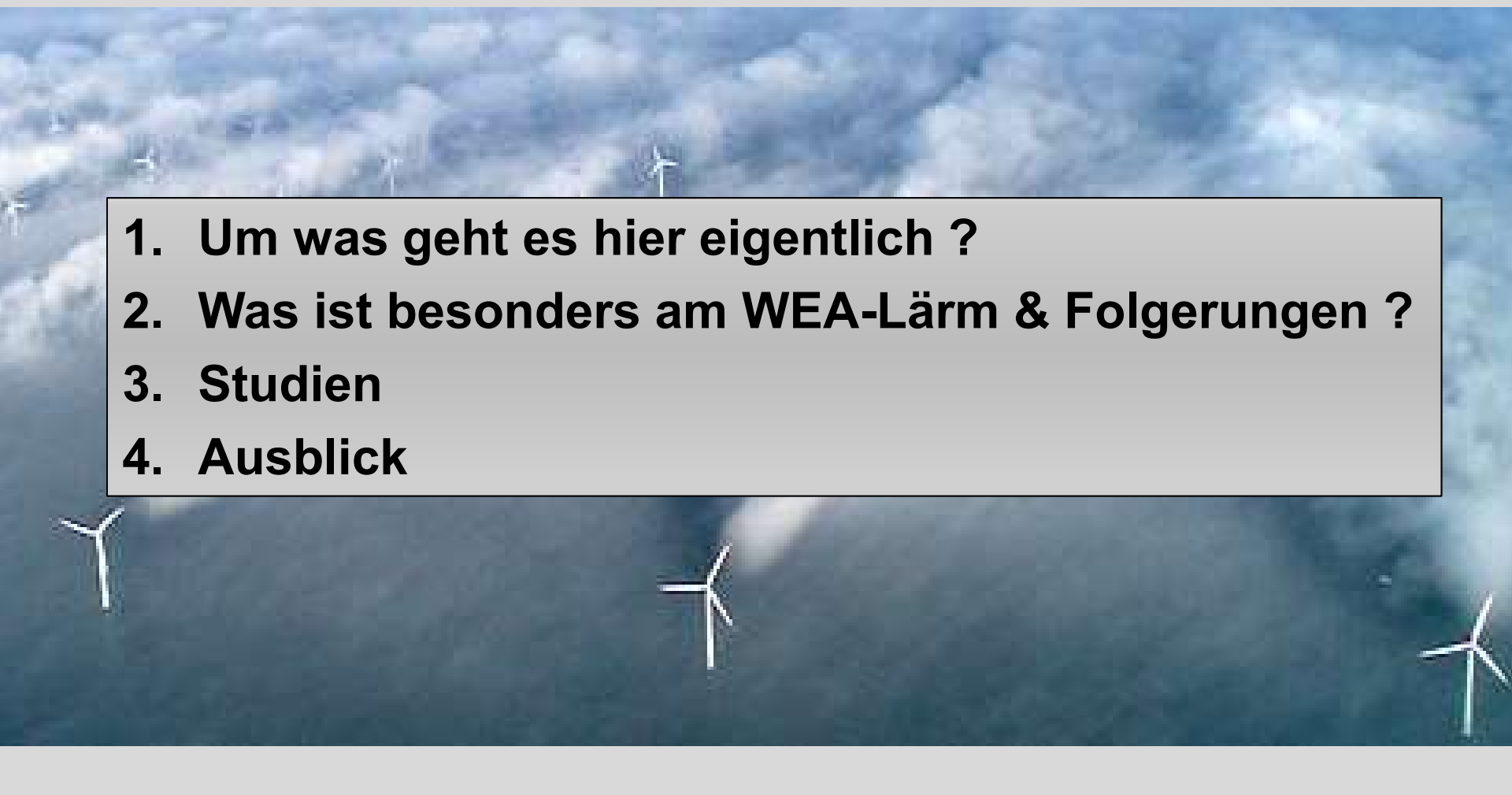


Lärm von Windenergieanlagen

- 
- 1. Um was geht es hier eigentlich ?**
 - 2. Was ist besonders am WEA-Lärm & Folgerungen ?**
 - 3. Studien**
 - 4. Ausblick**



1. Rechtliches

- **Beurteilung:**
 - Störungsgerecht nach Anhang 6 LSV
($L_w \rightarrow L_{eq}$, Lärmphasen, Pegelkorrekturen; Nacht 19:00 – 7:00)
 - Belastung mehrerer Turbinen werden addiert
- **Neuanlagen:**
 - Vorsorge: Emissionen begrenzen (technisch & betrieblich; wirtschaftlich)
 - Grenzwert: Planungswerte; Massnahmen verschärft wenn $L_r > P_W$
- **Öffentliches Interesse (Energieproduktion, Raumplanung):**
 - Erleichterungen sind möglich wenn Einhaltung der P_W zu unverhältnismässiger Belastung führt (betrieblich, finanziell)
 - Massnahme verhältnismässig \rightarrow geeignet, erforderlich und zumutbar
- **Genehmigung:** Kantone & Gemeinden (Gemeindeabstimmungen)
- **Betreiber:** privat, (zT öffentlich ?)

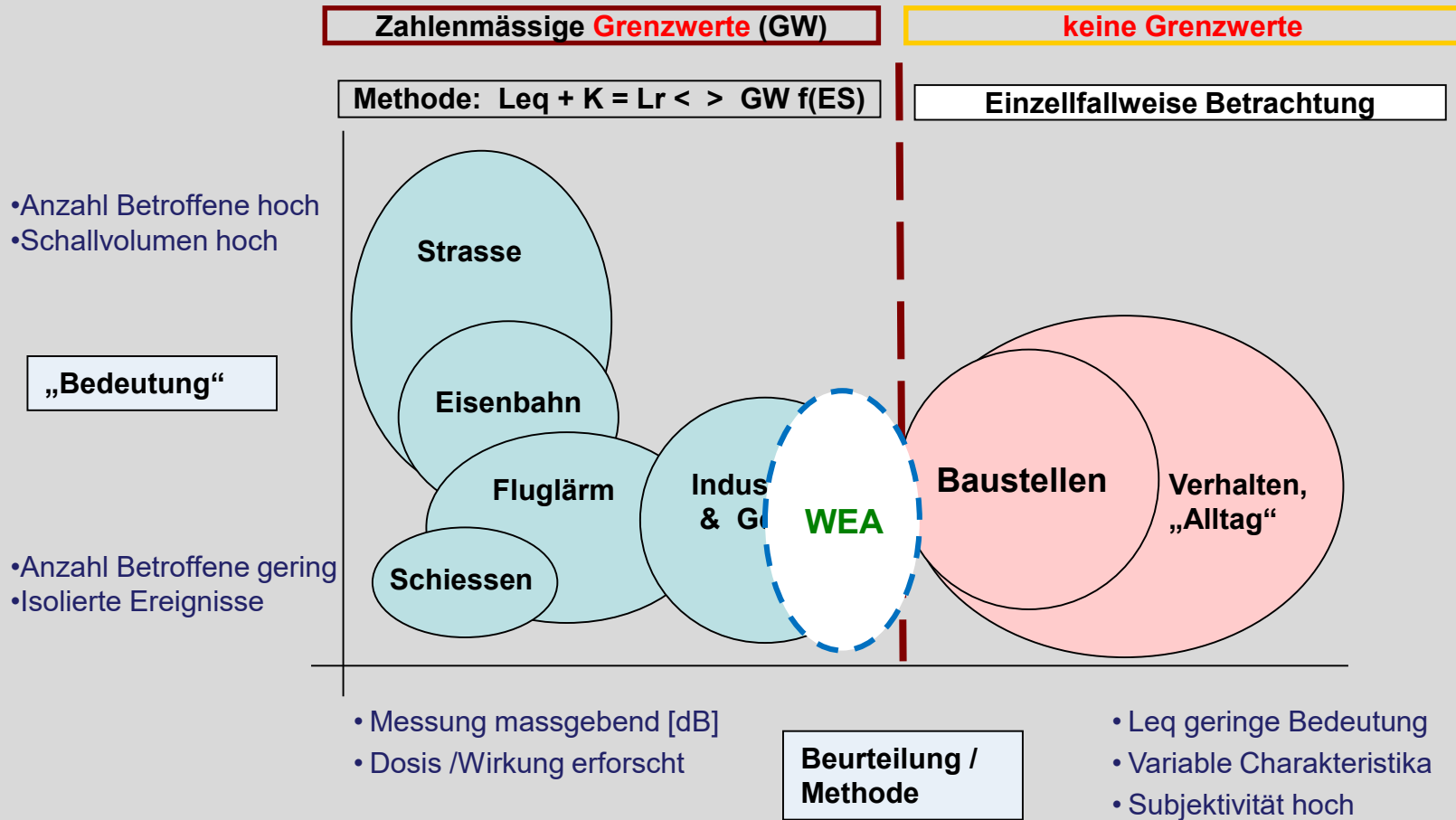


1. Akustische Herausforderungen

- **Hohe rotierende gerichtete Lärmquellen**
 - Modellierung im Nahbereich und Fernbereich? Wie genau muss es sein?
 - Mehrfachquellen möglich (Parks)
- **Pulsierender Schall (Amplitudenmodulation AM)**
 - WEA-Lärm ist dadurch störender bei gleichem L_{eq} → Korrektur (K3)
- **Hoher Anteil an tiefen Frequenzen im Spektrum**
 - zunehmend mit grösseren Anlagen
 - löst Ängste bei Teilen der Bevölkerung aus
 - Einfluss auf dB(A) ist gering, wird zZ nicht durch LF-Indikator bewertet
- **Abhängigkeit von Meteo & nicht besonders laut (aber störend)**
 - Zeitpunkt und Intensität sind variabel und nur bedingt kontrollierbar
 - Messungen schwierig und kostspielig; Methoden noch in Entwicklung
- **Mehr Wind – mehr Energie – mehr Lärm**
 - **Zielkonflikt** zwischen Lärmschutz und Entwicklung Windenergie



1. Akustische Herausforderungen





1. Rollen & Zuständigkeiten

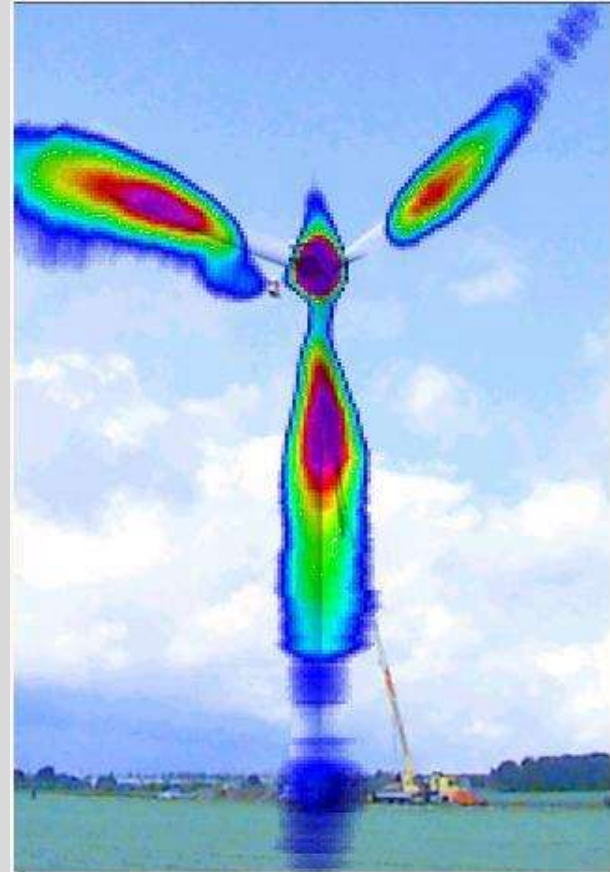
- **Betreiber:**
 - Planung, Lärmprognose (**Akustiker**)
 - Betrieb: Abnahme(-messung), Monitoring (**Akustiker**)
- **Kantone und Gemeinden:**
 - Raumplanungs- und Baubewilligungsverfahren
 - Prüfung & Genehmigung: Vorsorge & **Prognose**
 - Festhaltung zulässige Immissionen bzw. Betrieb (Art. 36 & 37a LSV)
 - **Kontrolle:** Massnahmen (Art. 12 LSV) & Belastung (Art 36 LSV)
- **BFE:**
 - koordinierende Aufgabe (Standortwahl, Förderung erneuerbarer Energie; Guichet Unique)
- **BAFU:**
 - Beratung (Bundesstellen, Kantone / Gemeinden, Planer, Private)
 - Stellungnahme nur falls vom Bundesgericht dazu eingeladen



2. Was ist besonders am WEA-Lärm ?

- Hohe rotierende gerichtete Lärmquellen
- L_w (L_{eq}) abhängig von Windgeschwindigkeit, unregelmässig (Tag/Nacht)
- Pulsierendes Geräusch (AM)
- Tiefe Frequenzen (?)

- Massnahmen zur Lärmreduktion (technisch & betrieblich)

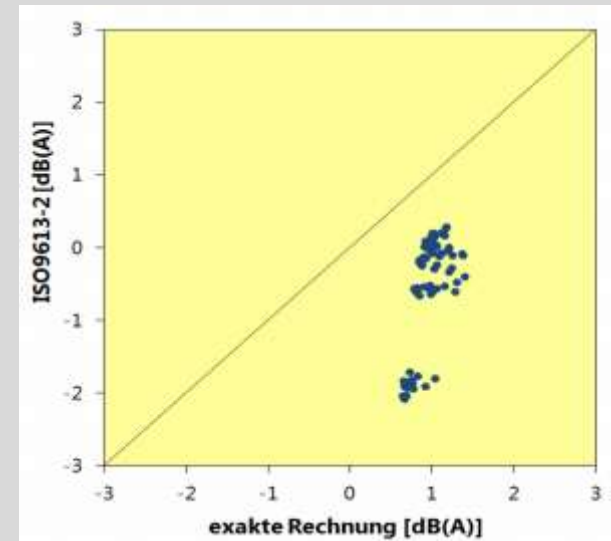




2. Hohe rotierende gerichtete Lärmquellen

$$\text{ISO 9613-2: } L_{pA} = L_{WA} + D_C - \{ A_{\text{div}}(d) + A_{\text{atm}}(d) + A_{\text{gr}}(d) + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \}$$

- **Gültigkeit der ISO 9613-2 ?**
 - Norm im Prinzip gültig bis Quellenhöhe 30m
 - Bodeneffektberechnung nicht Stand der Technik
 - gültiger Windgeschwindigkeitsbereich bis 5 m/s
- **EMPA-Empfehlung (2010):**
 - ISO 9613-2, Alternatives Verfahren vereinfacht
 - Schallausbreitung nicht frequenzselektiv (500 Hz)
 - Luftschalldämpfung fix 2.3 dB/km
 - Bodendämpfung: nicht frequenzabhängig sondern fix mit $A_{gr} = -1$
 - Infolge Amplitudenmodulation : $K_3 = 4$ (Anhang 6 LSV)



Vergleich ISO 9613-2 mit exakter Rechnung;
H: 50 & 80 m, D: 300 – 1000 m



2. Hohe rotierende gerichtete Lärmquellen

- **Interimsverfahren (Deutschland)**

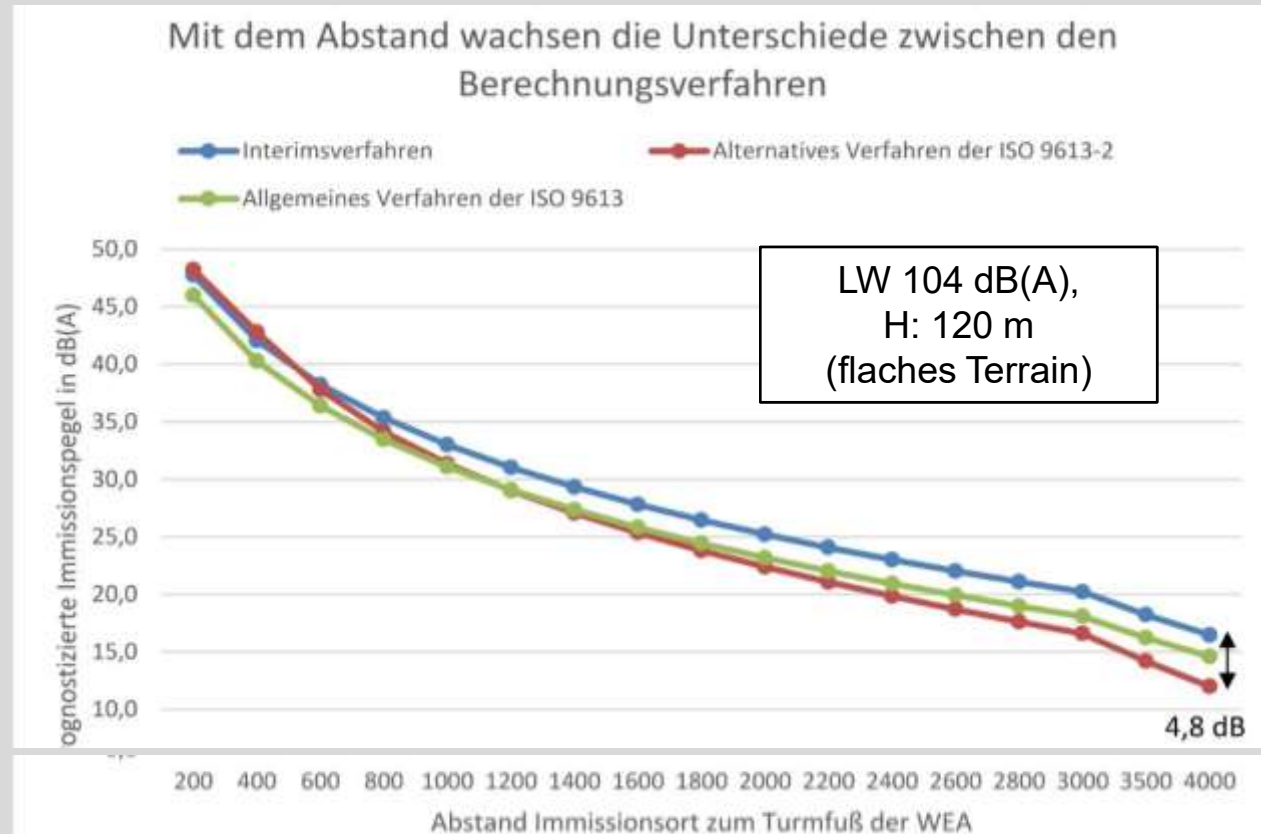
- festgestellte Unterschätzung der effektiven Pegel (>700m, ~ -2.5 dB(A)) durch ISO 9613-2 Alternatives Verfahren
- Frequenz- und Höhenabhängigkeit des Bodeneffektes

→ Schallausbreitung:
frequenzselektiv

→ Bodendämpfung:
 $A_{gr} = -3$

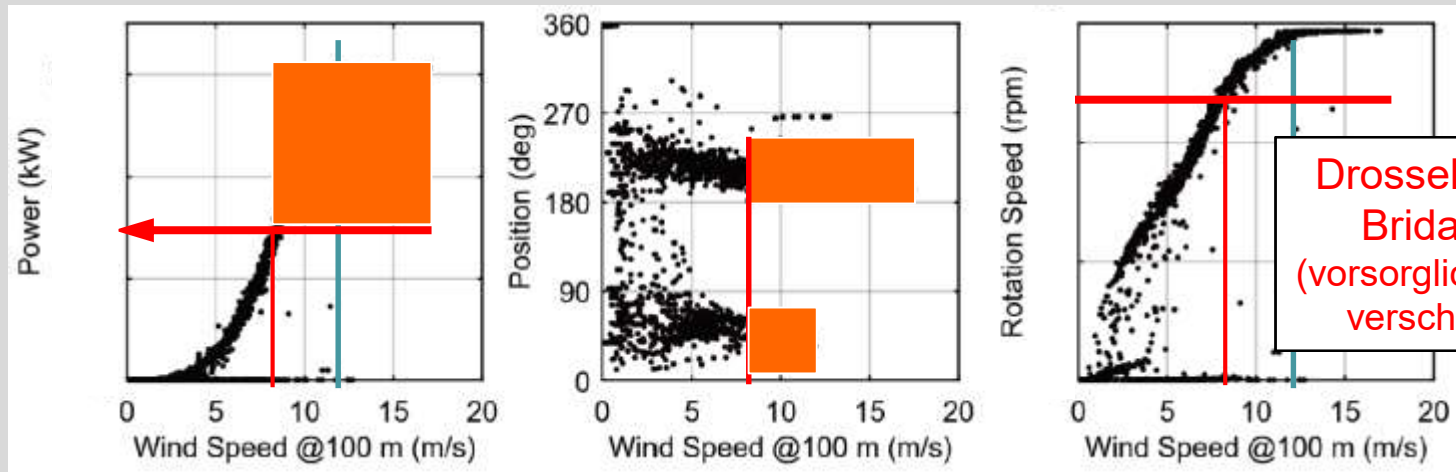
(Auswirkung ist geringer bei hohen Lagen der Turbinen, zB auf Hügeln)

→ geplant für ~2020:
VDI-RL 4101 Blatt 2

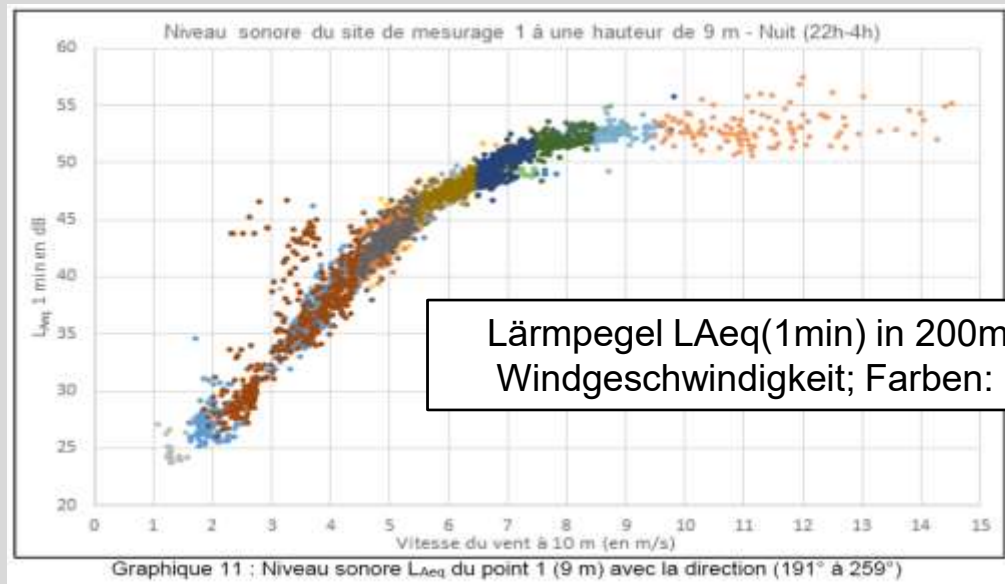




2. Lw meteobedingt (Pegel, Zeitpunkt, Dauer)



Drosselung /
Bridge
(vorsorglich oder
verschärft)



Lärmpegel L_{Aeq}(1min) in 200m als Funktion der
Windgeschwindigkeit; Farben: «~Lärmphasen»



2. Lw meteobedingt (Pegel, Zeitpunkt, Dauer)

- **Lw abhängig von Windgeschwindigkeit , unregelmässig**
 - Windstatistik; Tag / Nacht Unterschiede ?
 - Lärmphasen, nach Windgeschwindigkeit, evtl. zeitlich (Lw → Leq, K3, %)
- **Herstellerdaten**
 - Normierte Vermessung nach IEC 61400
 - Abweichungen von Angaben in der Praxis sind nicht selten !
- **Abnahme**
 - Kontrollmessungen → zul. Lärm eingehalten? Massnahmen notwendig ?
- **Monitoring**
 - rel. aufwendige Messkampagnen, Langzeitmessungen, Störgeräusche



2. Beispiel Herstellerangaben



Estimated Sound Power Level E-92

Page 2 of 3

Estimated Sound Power Level for the E-92 with 2.3 MW rated power

in relation to standardized wind speed v_s at 10 m height					
hub height v_s in 10 m height	85	98 m	104 m	108 m	138 m
5 m/s	99,5 dB(A)	99,9 dB(A)	100,0 dB(A)	100,1 dB(A)	100,5 dB(A)
6 m/s	102,0 dB(A)	102,2 dB(A)	102,2 dB(A)	102,3 dB(A)	102,6 dB(A)
7 m/s	103,3 dB(A)	103,4 dB(A)	103,5 dB(A)	103,5 dB(A)	103,7 dB(A)
8 m/s	104,2 dB(A)	104,4 dB(A)	104,4 dB(A)	104,5 dB(A)	104,7 dB(A)
9 m/s	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)
10 m/s	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)
95% rated power	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)	105,0 dB(A)

in relation to wind speed at hub height									
wind speed at hub height [m/s]	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sound Power Level [dB(A)]	99,5	101,4	102,5	103,6	104,1	104,6	105,0	105,0	105,0

Bsp. Drosselung / Expl. Bridge

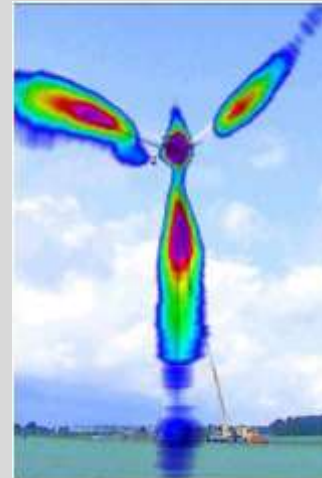
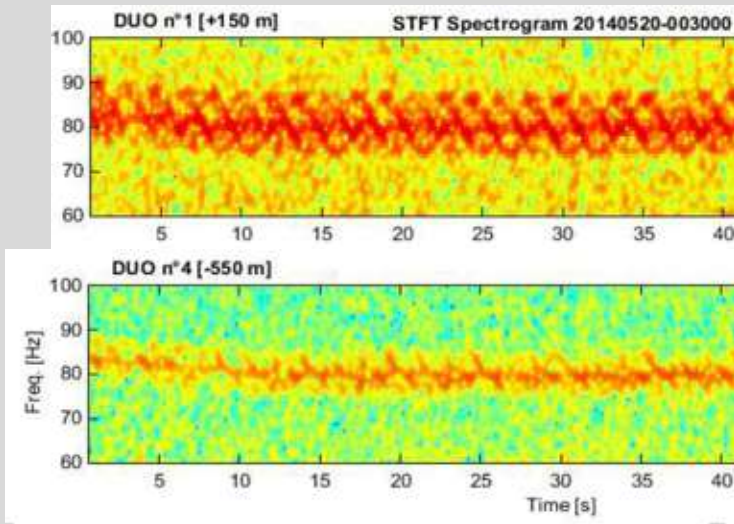
Sound Power Level for the E-92 with reduced rated power

Sound Power Levels for the E-92 with reduced rated power					
	$P_{N,red}=2000$ kW $P_{N,red}=\text{---}$	$P_{N,red}=1600$ kW $P_{N,red}=\text{---}$	$P_{N,red}=1400$ kW $P_{N,red}=\text{---}$	$P_{N,red}=1200$ kW $P_{N,red}=\text{---}$	$P_{N,red}=1000$ kW $P_{N,red}=\text{---}$
95% rated power	104,0 dB(A)	103,5 dB(A)	103,0 dB(A)	102,5 dB(A)	100,0 dB(A)



2. Pulsierendes Geräusch (Amplitudenmodulation)

- **Amplitudenmodulation: mehrere Herkunftsquellen (aerodynamisch)**
 - Nahbereich: rotierende gerichtete Quellen (Rauschen, 3 Rotorblätter)
 - Fernbereich: Windschichtung (höhenabhängige Schallausbreitung; höhenabhängige Strömungsabrisse inkl. Frequenzverschiebung)
 - ausgeprägter quer zur Windrichtung (Doppler?)



- **Herausforderung Monitoring**
 - Messverfahren ?
 - Feedback von Betroffenen berücksichtigen ?



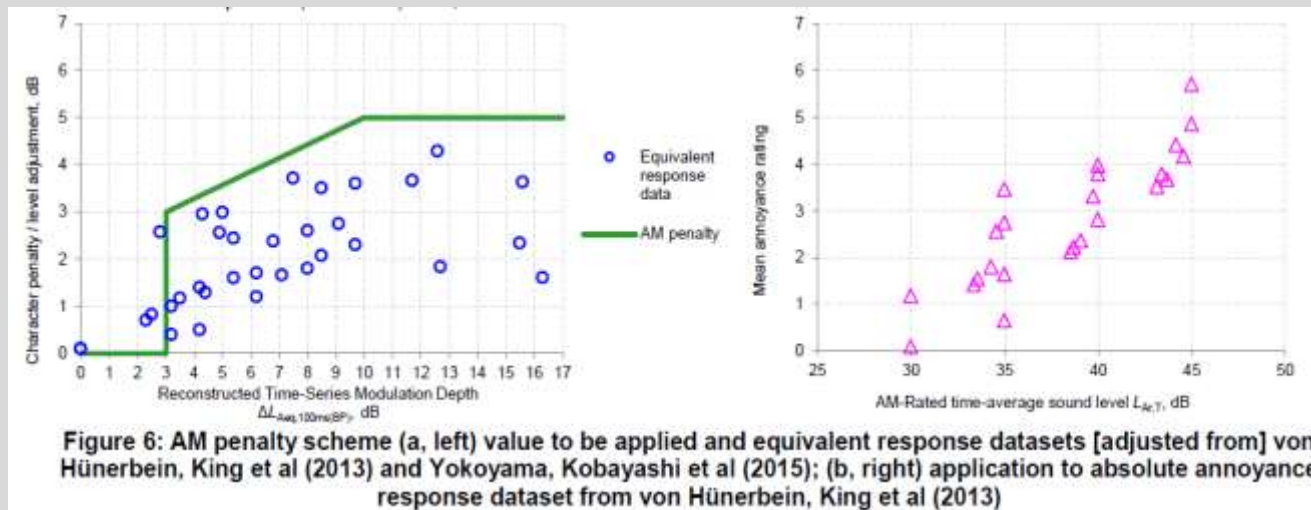
2. Pulsierendes Geräusch (Amplitudenmodulation)

- **Empfohlene Bewertung**

- K3 = 4 (EMPA 2010)

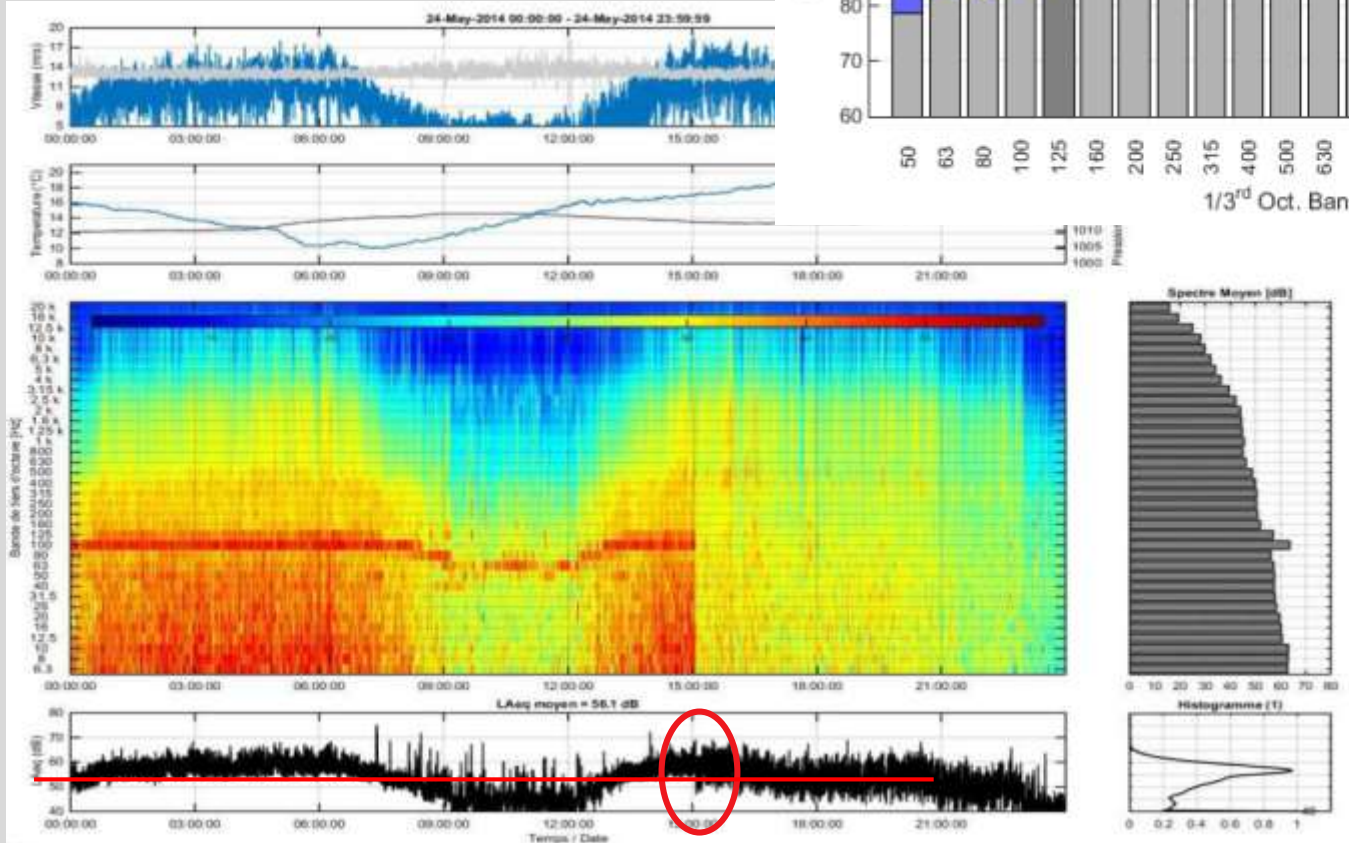
- **Bewertungsmethoden**

- noch keine einfache erprobte Methode, einige Vorschläge aus UK, JP, etc..
- K3 = 4 anscheinend guter Kompromiss





2. Tiefe Frequenzen / Infraschall





2. Tiefe Frequenzen (LF) / Infraschall

- **Kenndaten**
 - relativ hoher Anteil im Spektrum, zunehmend mit Grösse der Turbinen
 - Pegel jedoch gering beim Empfänger
- **Stand des Wissens (Literaturreview 2017)**
 - LF Pegel beim Empfänger vergleichbar mit Wirkung im Ohr beim Laufen
 - LF Pegel auf Grenzwertniveau ~geringer als vom Strassenlärm
 - LF Pegel ungenügend um Quelle von Brechreiz / Schwindelgefühl zu sein
 - keine Effekte für WEA nachweisbar die andere Quellen auch nicht hätten
- **Bericht ANSES (2017)**
 - Belästigungen sind gelegentlich vorhanden, LF eine mögliche Hypothese
 - keine wissenschaftlich nachgewiesene gesundheitsschädigende Einwirkung
- **Haltung BAFU**

Keine problematische Auswirkungen zu erwarten von LF wenn $L_r < P_W$



3. Wirkungsabklärungen CH

- **Wirkung von WEA in der Schweiz (Studie Hübner, 2013):**
 - Die Auswirkungen von bestehenden WEA in CH werden zZ in der Regel nicht als sehr gravierend wahrgenommen (6% HA);
 - Indiz, dass die Beurteilungsmethodik angemessen ist, bzw. die Bevölkerung ist vor WEA-Lärm geschützt, wenn $L_r < P_W$.
- **Lästigkeitwirkung WEA / Strassenlärm (EMPA, 2013 – 2016):**
 - psychoakustische Laboruntersuchungen
 - Ergebnis: WEA Lärm ist deutlich lästiger als Strassenlärm
- **Literaturreview Wirkung WEA-Lärm (van den Berg, 2017):**
 - Auswertung relevanter Fachliteratur bis Anfang 2017
 - Gesundheitliche Einwirkungen
 - u.a. auch zu Infraschall
 - BAFU, auf Anreiz des Kanton Waadt

2. Beurteilungsmethode CH

- **Studie EMD - WindPRO (BAFU, 2017):**

1. Vergleich länderspez. Beurteilungsmethoden; Normpark
2. Vergleich reelle Konditionen:
CH(EMPA 2010) vs ISO 9613-2 (standard & Alternativ) & Interimsverfahren

Folgerungen (Basis: CH Methode, EMPA 2010):

- geringere Pegel auf grossen Distanzen als mit Agr frequenzselektiv, im Nahbereich (bis ca 400m) leicht höhere Pegel
- fixe 2.3 dB/km Luftdämpfung führt zu leicht höheren Pegel als frequenzabhängig
- ca. 1.5 dB(A) geringere Pegel als mit Interimsverfahren, insb. Fernbereich

- Drosselungsbedarf (Grenzwerteinhaltung): CH ist Mittelfeld, vergleichbar mit D



4. Blick nach vorne

- **Transparente Botschaften**
 - Qualität der **Lärmgutachten & Prognosen**
 - Qualität der Genehmigungen; Kontrollauflagen
 - frühzeitige, gute Kommunikation mit betroffener Bevölkerung
- **Vollzugshilfe Lärm WEA**
 - als Teil des WEA-Handbuches, in Überarbeitung (Ziel: bis Ende 2018)
 - Einpassung Rückmeldungen und wenige Aktualisierungen
 - keine grundsätzlichen Änderungen zur Vernehmlassungsversion
- **allfälliger Handlungsbedarf**
 - Anforderungen an Gutachten & Prognosen sowie Erleichterungsgesuche ?
 - Messmethoden standardisieren (Abnahmen, Monitoring) ?
 - Kommunikation mit WEA-Betroffene und WEA-Gegner ?



**Danke für's Zuhören !
Fragen ?**