

# Lärm von Windkraftanlagen

**Stand des Wissens et application de l'OPB**

**Kurt Heutschi**

**Sébastien Wschiansky**



Materials Science & Technology



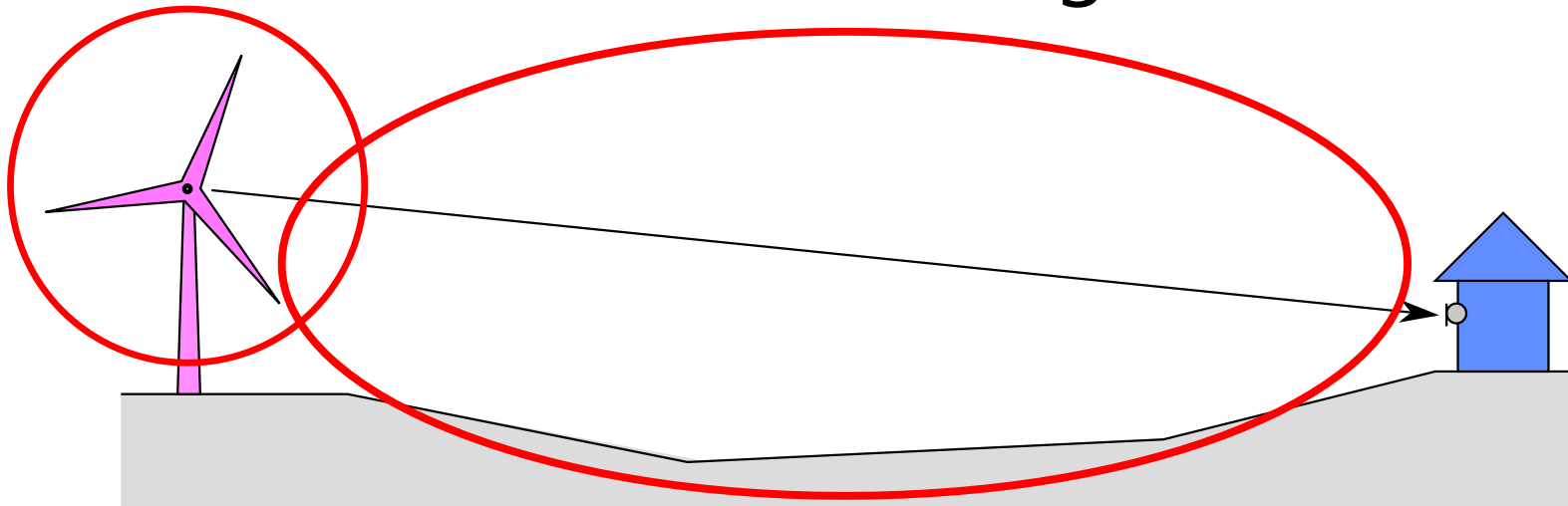
Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Federal Roads Authority FEDRO/ASTRA  
Federal Office for the Environment FOEN/BAFU  
Federal Office for Transport BAV

# Physikalische Aspekte Windturbinenschall

Emission?

Ausbreitung?

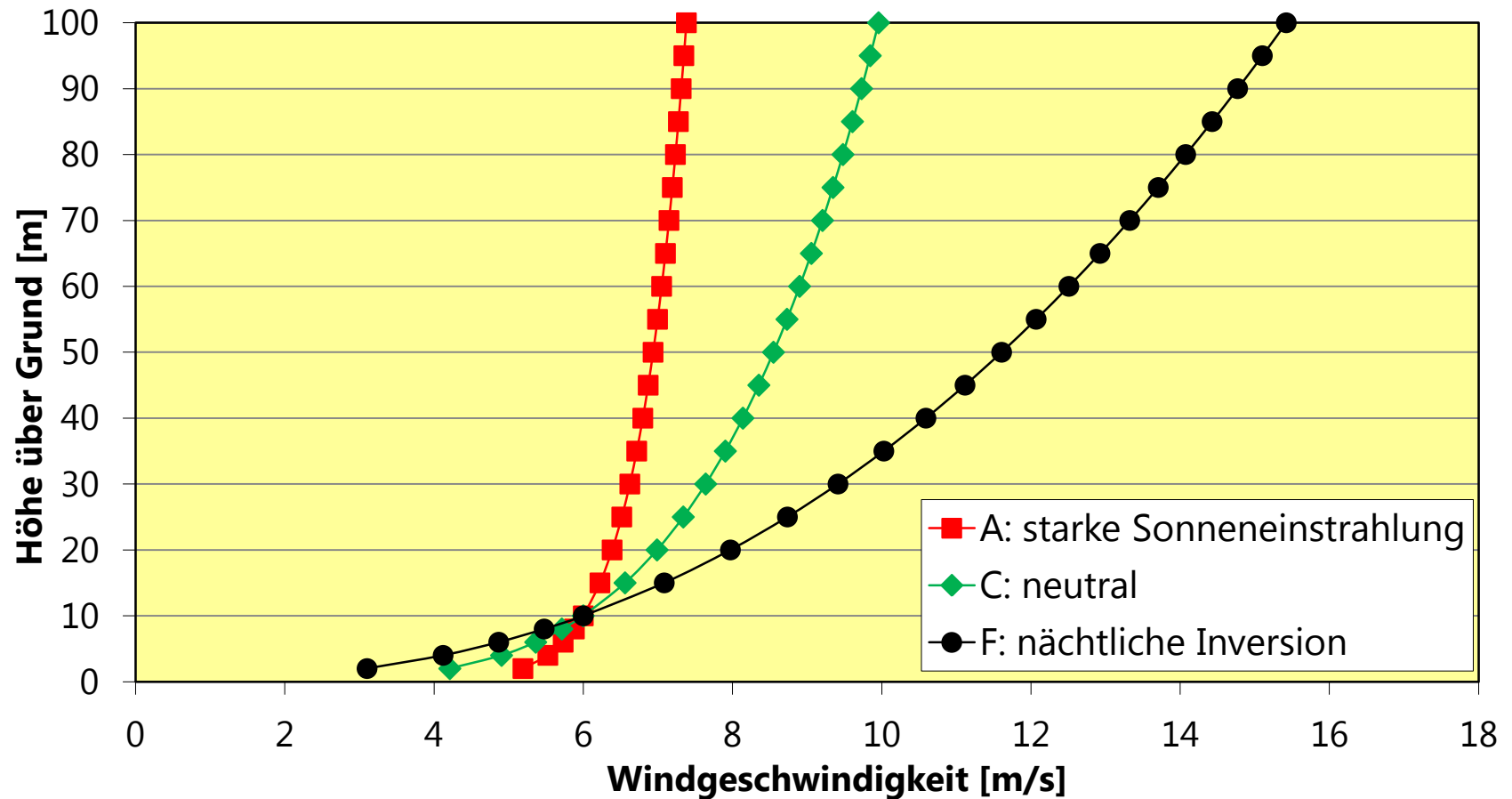


# Emissionsbestimmung

- Akustische Emission abhängig von
  - Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe
  - Betriebsmodus
  
- → Prognose:
  - Windgeschwindigkeitsstatistik auf Nabenhöhe transformieren
  - Betriebsdaten klären



# Windgeschwindigkeitsprofile = f(Stabilität)



# Ausbreitungsrechnung

- Engineeringmodelle wie z.B. ISO 9613-2
- Besonderheit: sehr hohe Quelle →  
Konsequenzen hinsichtlich
  - Bodeneffekt?
  - Meteoeffekte?

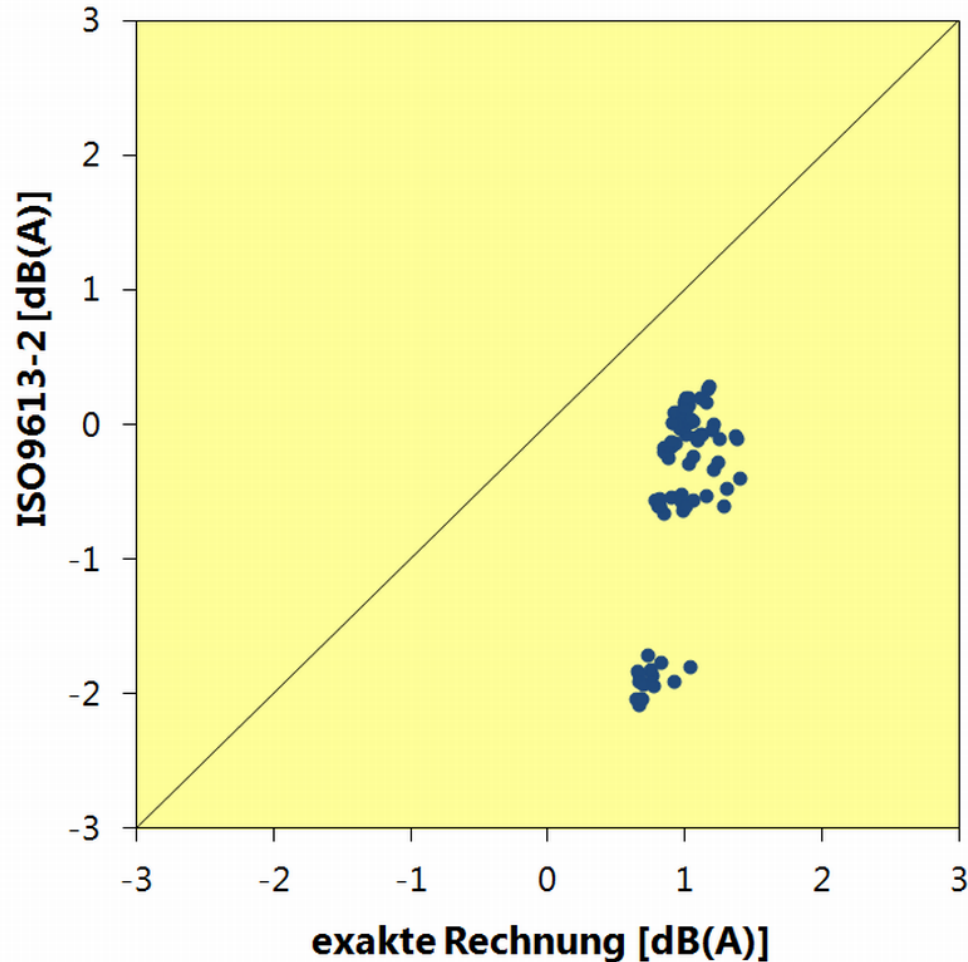


# Ausbreitungsberechnung: Bodeneffekt

- Empirische Bodeneffektformeln (ISO 9613-2) sind „best-fit“ Formulierungen für bestimmten Bereich von Quellen- und Empfängerhöhen
- Anwendbarkeit für sehr grosse Quellenhöhen fraglich (→ ISO 9613-2 nicht mehr genauigkeitsspezifiziert)



# Ausbreitungsberechnung: Bodeneffekt für typische flache Windturbinengeometrien



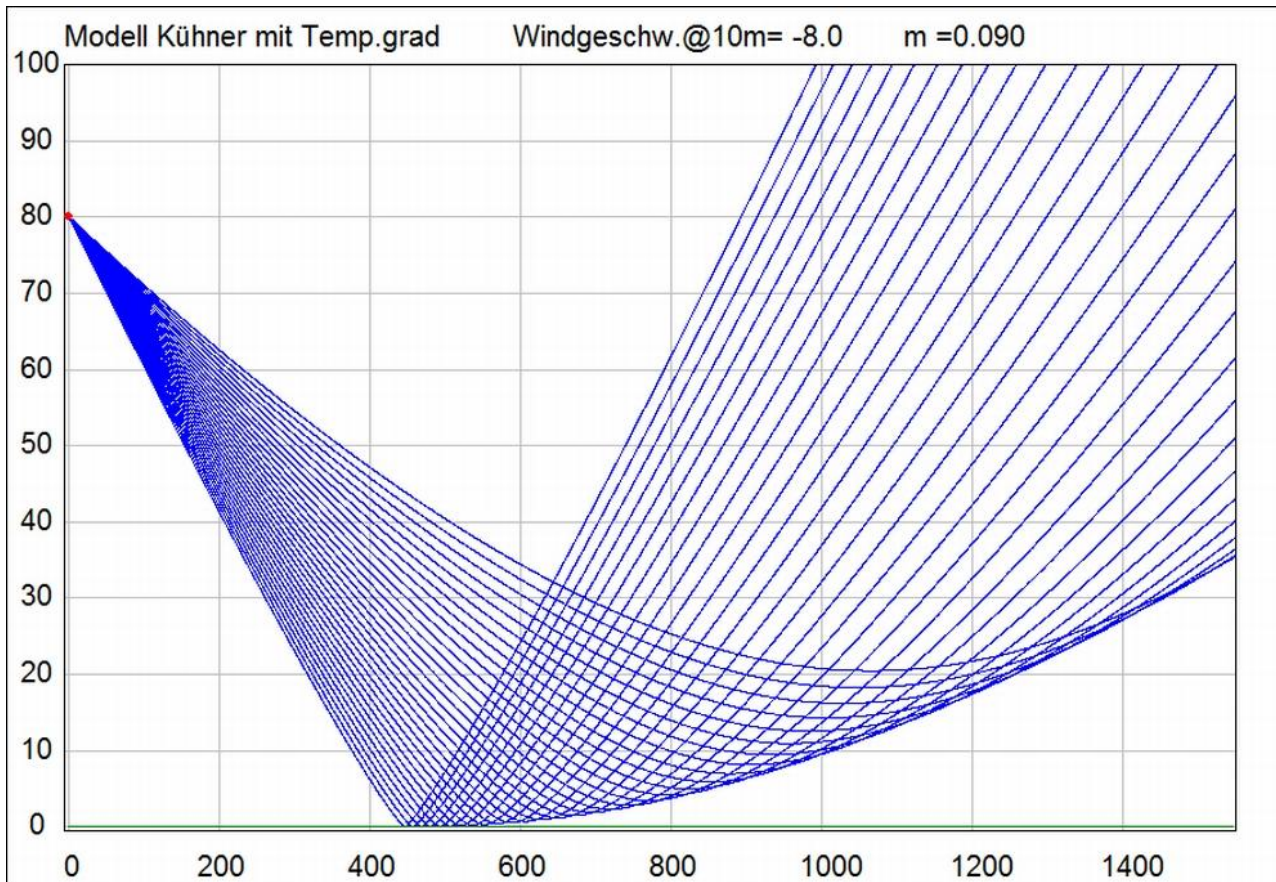
# Ausbreitungsberechnung: Bodeneffekt

- Anstelle Bodeneffektformel aus ISO 9613-2 generelle Bodeneffektwirkung von +1 dB(A) annehmen



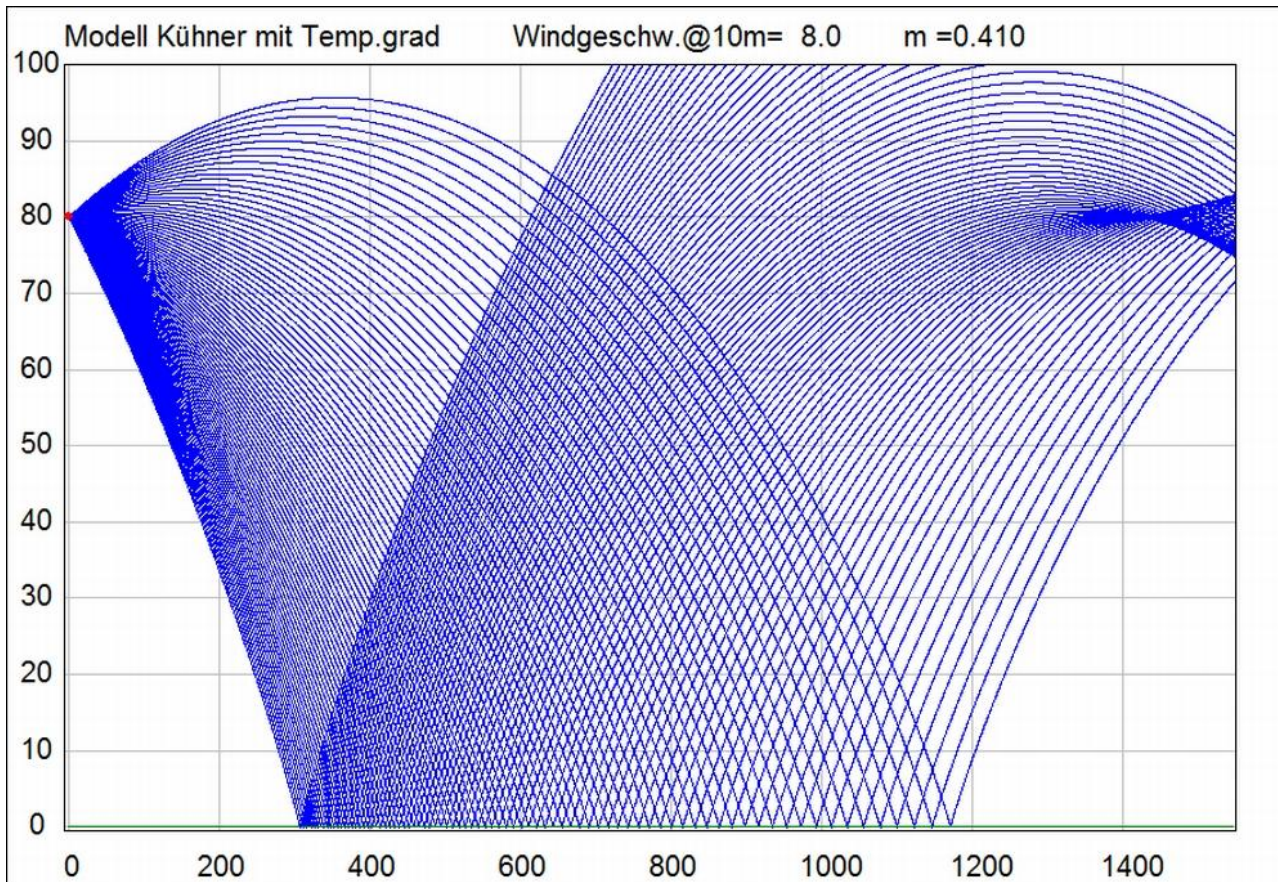
# Ausbreitungsrechnung: Meteoeffekte

tagsüber, 8m/s Gegenwind



# Ausbreitungsrechnung: Meteoeffekte

nachts, 8m/s Mitwind



# Ausbreitungsberechnung: Meteoeffekt

- Im Allgemeinen bei Sicht auf Nabe vernachlässigbar

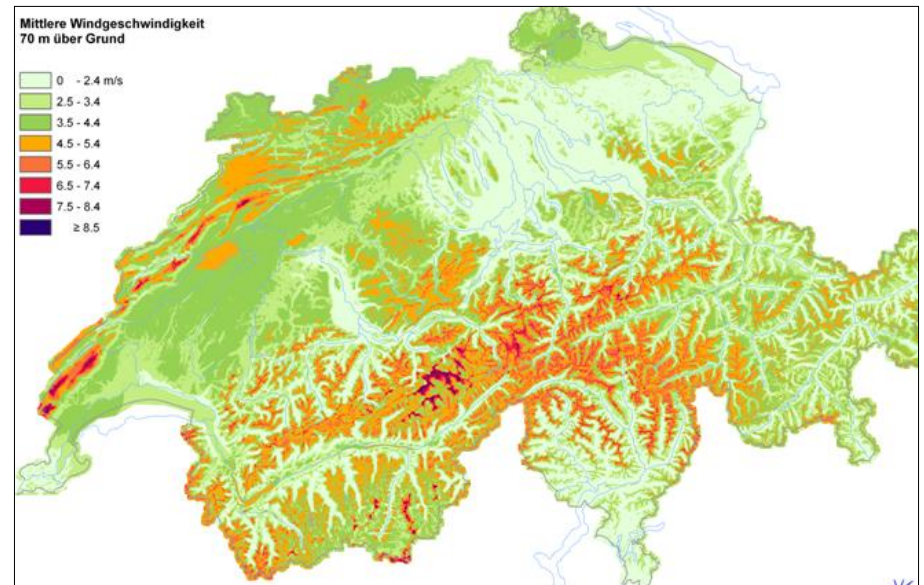
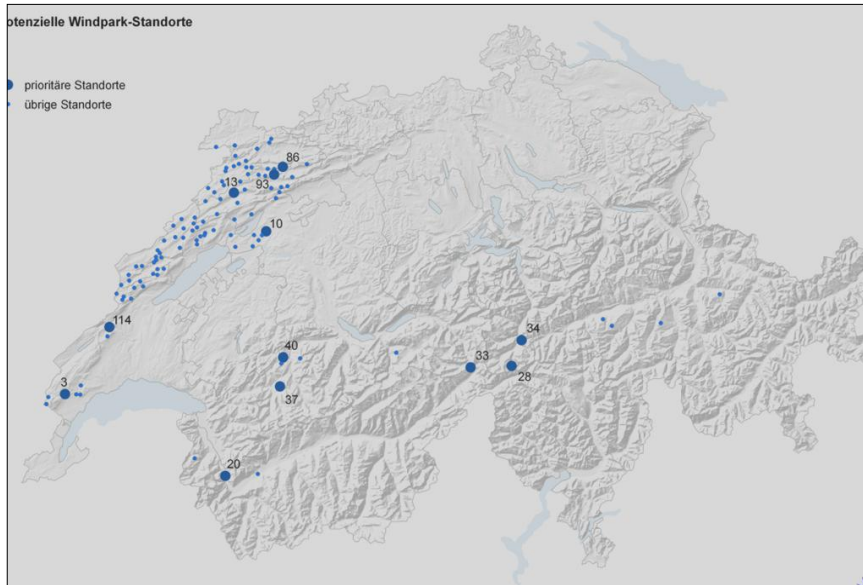


# Aktuelle Forschungsthemen

- Physikalische Vorgänge die zu Amplitudenmodulationen führen
- Physikalische Simulation der Emissionsgeräusche
- Auralisierung von Windturbinenlärm
- Störwirkung des tieffrequenten Lärms



# Bruit des éoliennes & OPB



## Energie éolienne en Suisse:

2010: 7 sites, 23 installations, 48 GWh (8500 logem.)

2012 /15: +18 sites, 111 inst., +375 GWh

2035: 375 inst. (1500 GWh, 2.5% CH)

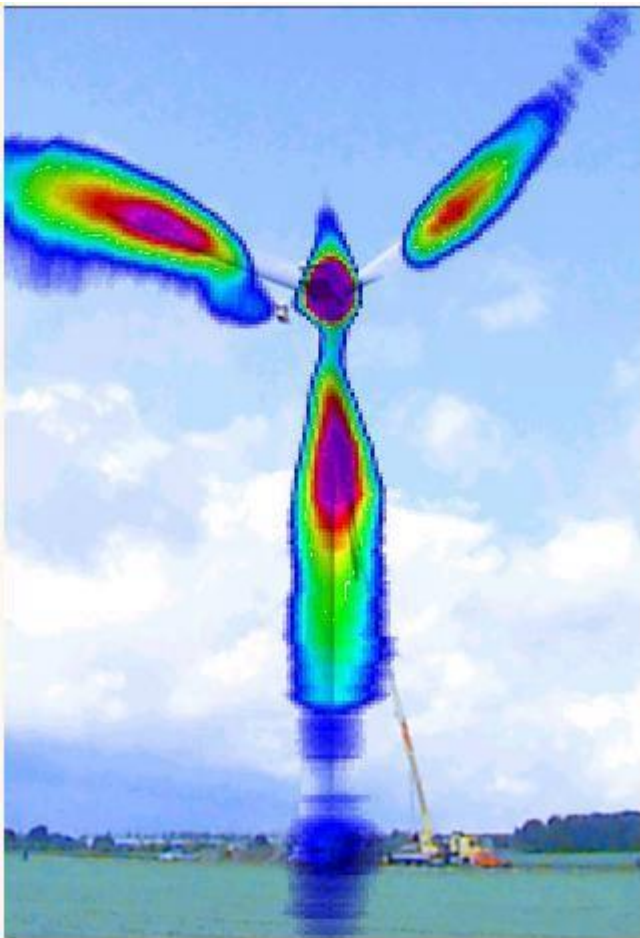
2050: 800 inst. (4000 GWh, 1 Mio logem, ~7%)

*Jura: moratoire jusqu'à concept d'énergie cantonal*

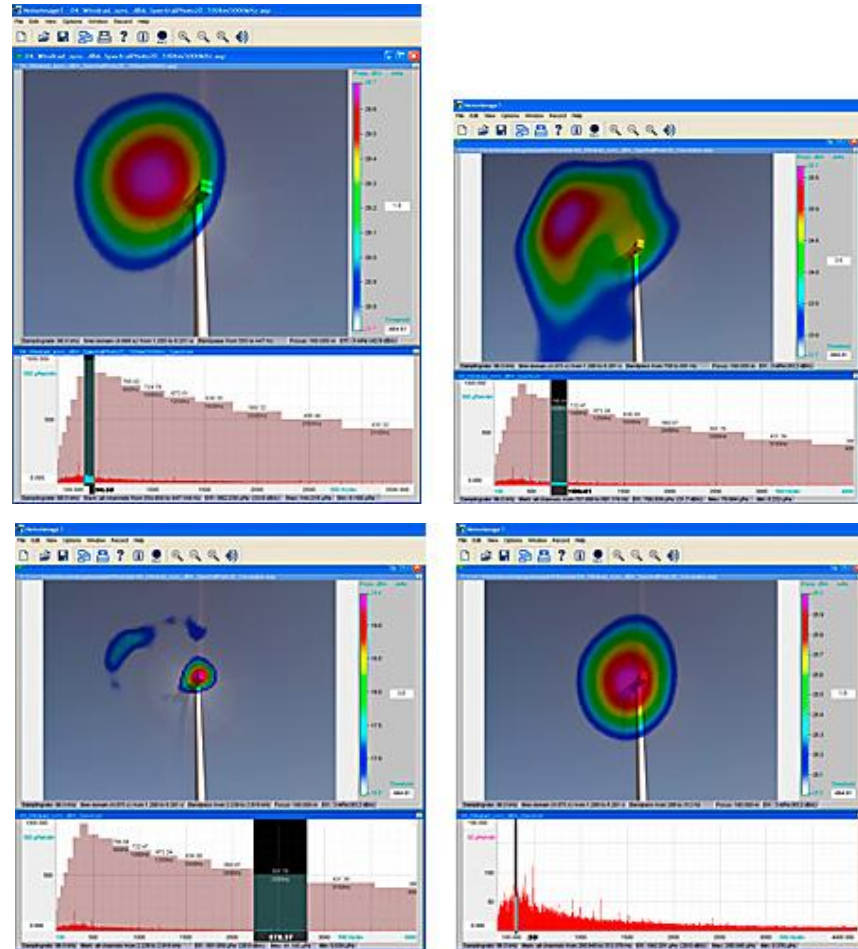


# Emission: pas qu'une source ponctuelle!

## ■ Source rotatives

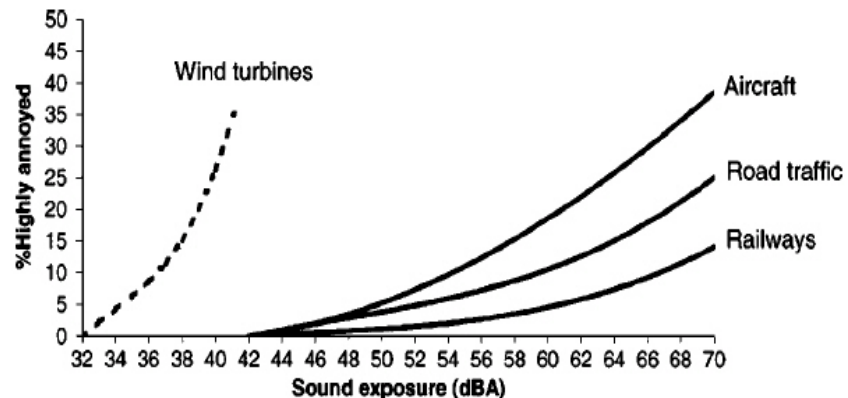


## ■ Selon fréquences



# Evaluation selon OPB

- Annexe 6 (bruit de l'industrie)
- Juste mesure de la gêne (Störungsgerecht)



- $VP > Lr = Leq + K1 + K2 + K3 + (Kt)$

- **Leq** (EMPA):

- propagation (9613? météo, effet de sol, obstacles, ...)

- Production d'énergie :

- > **K1 = 5** & **allégements** possibles (art. 7.2 OPB)



# Evaluation (suite 1/2)

$$VP > Lr = Leq + K1 + K2 + K3 + (Kt)$$

- Installations modernes > **K2** = 0
- **Nuit** est période déterminante
- Battement impulsif > **K3** = 4 (modulation d'amplitude)
- Correction temps (**Kt**) > phases ti: f(vitesse vent, Lw)  
(25% >9 m/s 104 dB ; 25% 7 m/s 100 dB ; 50% <5 m/s 97 dB )
- **Principe de prévention (independant valeur Lr)**
  - > type de turbine, emplacement par rapport à habitations
  - > limitation d'activités de nuit par vents forts
  - y.c. concept de monitoring lors de la décision*



# Evaluation (suite 2/2)

À titre indicatif ... distance nécessaire:

- pour respect VP: en principe > 300 mètres
- $VP: 50dB = Leq(350m, sol+1) + 5 + 0 + 4 - Kt (-6 \text{ à } -3)$   
(25% >9 m/s 104 dB ; 25% 7 m/s 100 dB ; 50% <5 m/s 97 dB )
- $Lr(350m) = 54 \text{ dB}(A)$  lorsque  $LWA=100\%$  à 104dB



# Détermination, autorisations, rapports

- Détermination du bruit admissible (art. 36 OPB)
- Consignation lors de l'octroi du permis (art. 37a al. 1 OPB)
- Lors de différences notables et durables du bruit consigné  
> mesures seront engagées par l'autorité (art. 37a al. 1 OPB)  
>>> contrôle des immissions !
  
- Droit d'être entendu à >1000m du parc  
*„Au vu de ces constatations, les mesures effectuées se révèlent en l'état insuffisantes pour dénier la qualité pour recourir à la recourante dont la parcelle est située à près de 1,2 km du parc éolien projeté. Il conviendra dès lors de procéder à une nouvelle analyse acoustique, qui devra être représentative de la charge sonore supplémentaire subie par la recourante en situation nocturne.,*  
TF 1C\_33/2011 (Parc du Midi, VS; Juillet 2011)



# Difficultés (pas insurmontables !)

- Modulation d'amplitude: effets, évaluation ?
- Infrasons (surtout grandes éoliennes): effets, évaluation?
- Gêne mouvement des pâles: comment considérer?
  
- Allègements (cantons): critères (chalets, locaux isolés)?
- Contrôle (art. 12 OPB): mesures de bruit  
(faible niveau, bruits alentours)
  
- Inclure population dans démarches  
> Communication, avant + après mise en service!
  
- Révision document EMPA (en cours, début 2012)



■ Merci pour votre attention !

St Brais  
USA

