

Wettermast Hamburg meets ICON-LES

Urbane Grenzschichtmessungen bis 280 m

Akio Hansen, Heike Konow, Ingo Lange, Felix Ament
 Meteorologisches Institut, Universität Hamburg

280 m

250 m

175 m

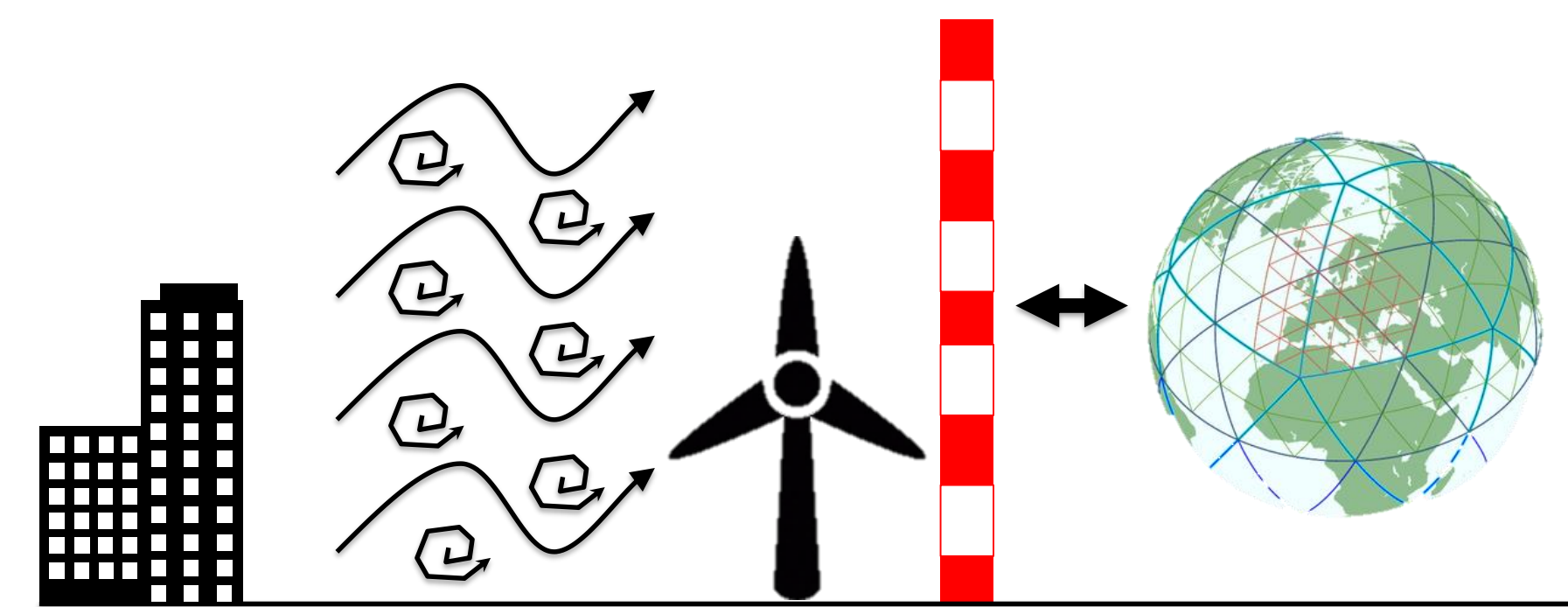
110 m

70 m

50 m

Motivation

Durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien werden zunehmend Windkraftanlagen auch im urbanen und komplexen Terrain geplant und installiert. Dieses stellt jedoch hohe Anforderungen an Ertragsgutachten sowie atmosphärische Modelle. Zugleich existieren nur sehr wenige hochaufgelöste Windmessungen in der Grenzschicht. Aus diesem Grunde sollen mit Hilfe der Wettermast Messungen erste Large Eddy Simulationen (LES) des neuen ICON Modells evaluiert und dabei gleichzeitig das Modell weiter optimiert werden.

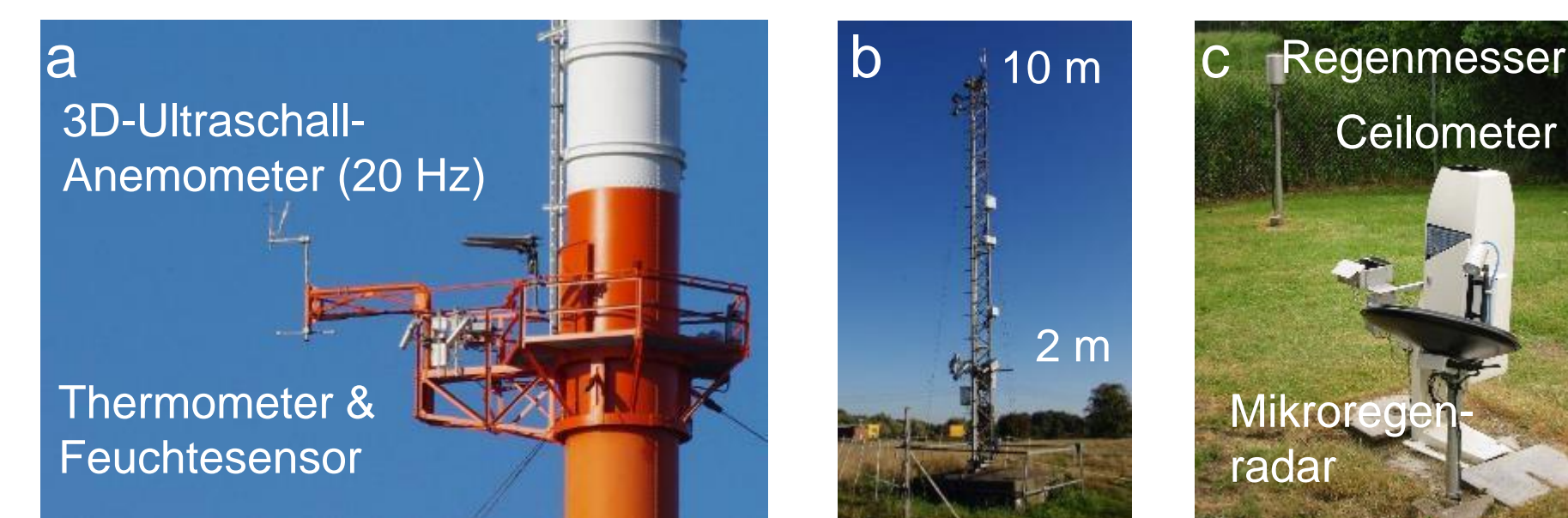


Wettermast Hamburg

- Grenzschichtmessmast (300 m) im Osten Hamburgs.
- Seit 1995 kontinuierliche, hochaufgelöste (bis 20 Hz) Messungen.
- 6 Messplattformen mit Ultraschallwindmessern, Temperatur- und Feuchtesensoren u.v.m., bis in 280 m Höhe.
- Weitere Messungen am benachbarten 10 m Messmast.
- Datensatz: mehr als 20 Jahre bis 20 Hz im urbanen Umfeld.



Standort des Wettermast sowie des Energiebergs mit zwei Windkraftanlagen (Quelle: OpenStreetMap).



Messgeräteplattform (a), 10-Meter Mast (b), Ceilometer & Mikroradarradar (c).

Messgrößen

Alle Höhen: Temperatur, Feuchte, 3D Windvektor (bis zu 20 Hz).
Am Boden: Luftdruck, Niederschlagsmenge und -dauer, Globalstrahlung, Infrarotstrahlung, Oberflächentemperatur, Wolkenkamera (AllSky & Webcam), Wolkenhöhe und Bedeckung (Ceilometer), Mikroradarradar.
Im Boden: Erdbodentemperatur und Bodenfeuchte.

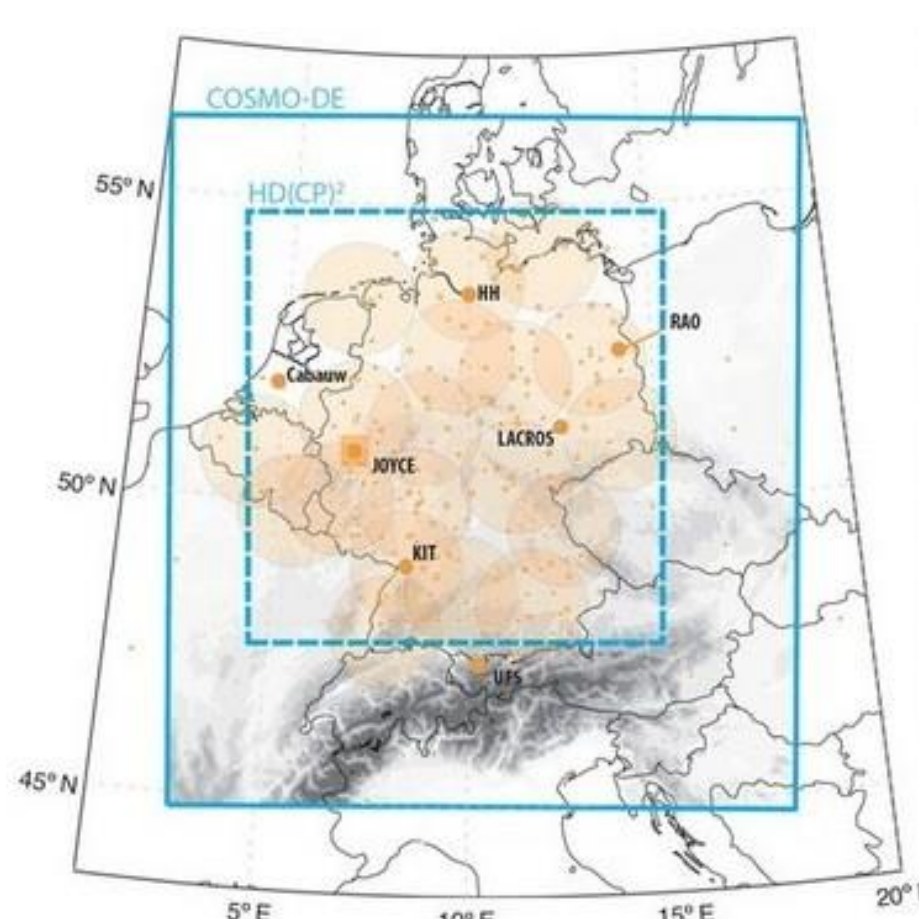
ICON LES – HD(CP)²

Modellsetup:

- Horizontale Gitterweite:** 650, 312 und 156 m (LES-Mode, 3 Domains, 1-Way Nesting).
- Vertikale Gitterweite:** 151 Schichten, Auflösung bis zu 20 m in bodennahen Schichten.
- Randdaten:** stündliche COSMO-DE Analysen.
- Simulationszeitraum:** April bis Mai 2013.
 - Aktuell verfügbar: 20./24./25./26.04 und 02.05.2013.

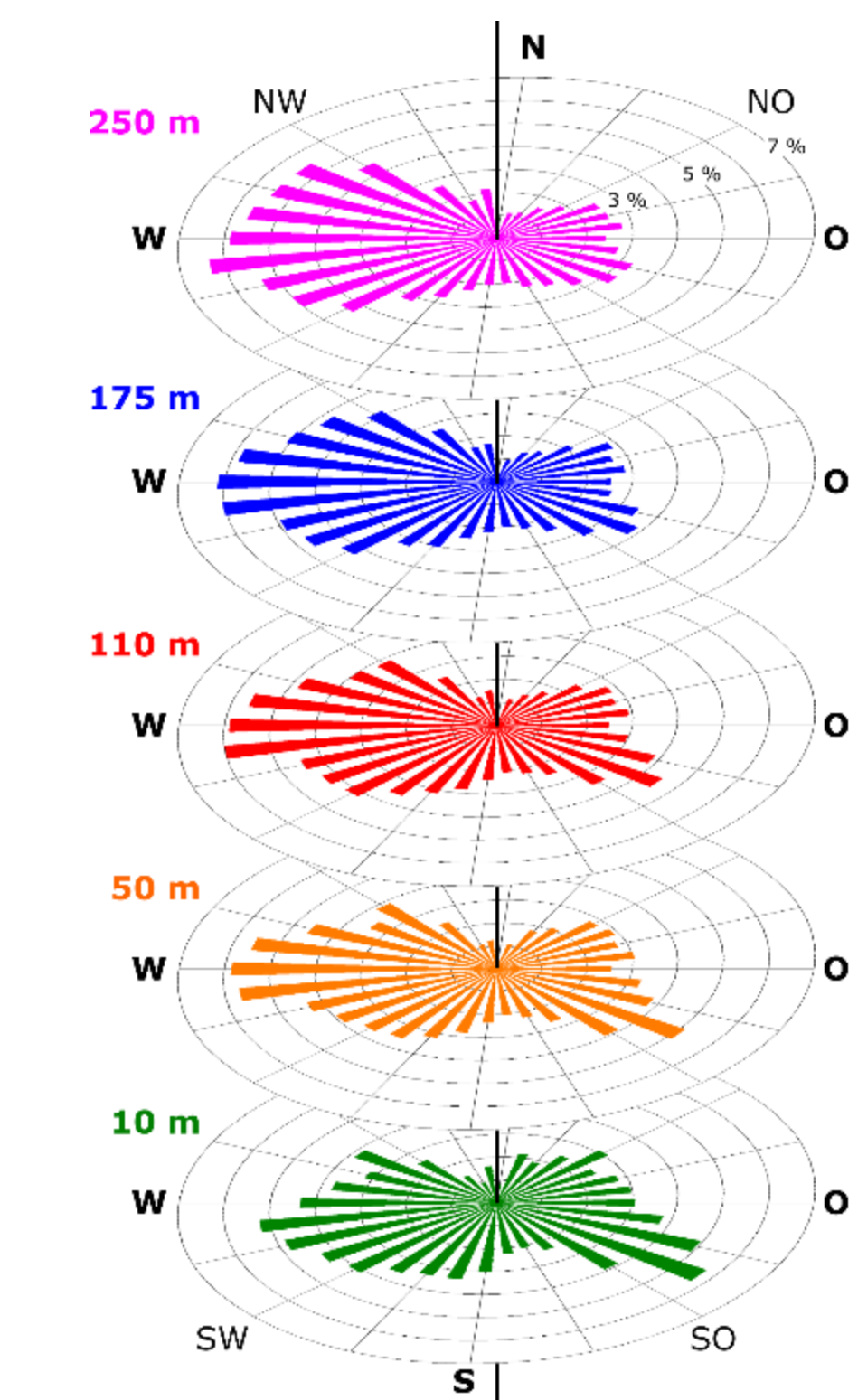
ICON und HD(CP)²:

- ICON LES wurde in Zusammenarbeit vom Max-Planck-Institut für Meteorologie und dem DWD entwickelt.
- Ikosaeder Gitter anstelle von klassischem Vierecksgitter.
- Im Rahmen des „High Definition Clouds & Precipitation for Advancing Climate Prediction“ HD(CP)² Forschungsprojektes wird 2-monatige deutschlandweite LES Simulation durchgeführt.



Modellgebiet des ICON-LES Modells im Rahmen von HD(CP)² sowie Supersites.

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung am Wettermast



Die Häufigkeitsverteilung zeigt für Hamburg den zu erwartenden Westwind in allen Höhenstufen.

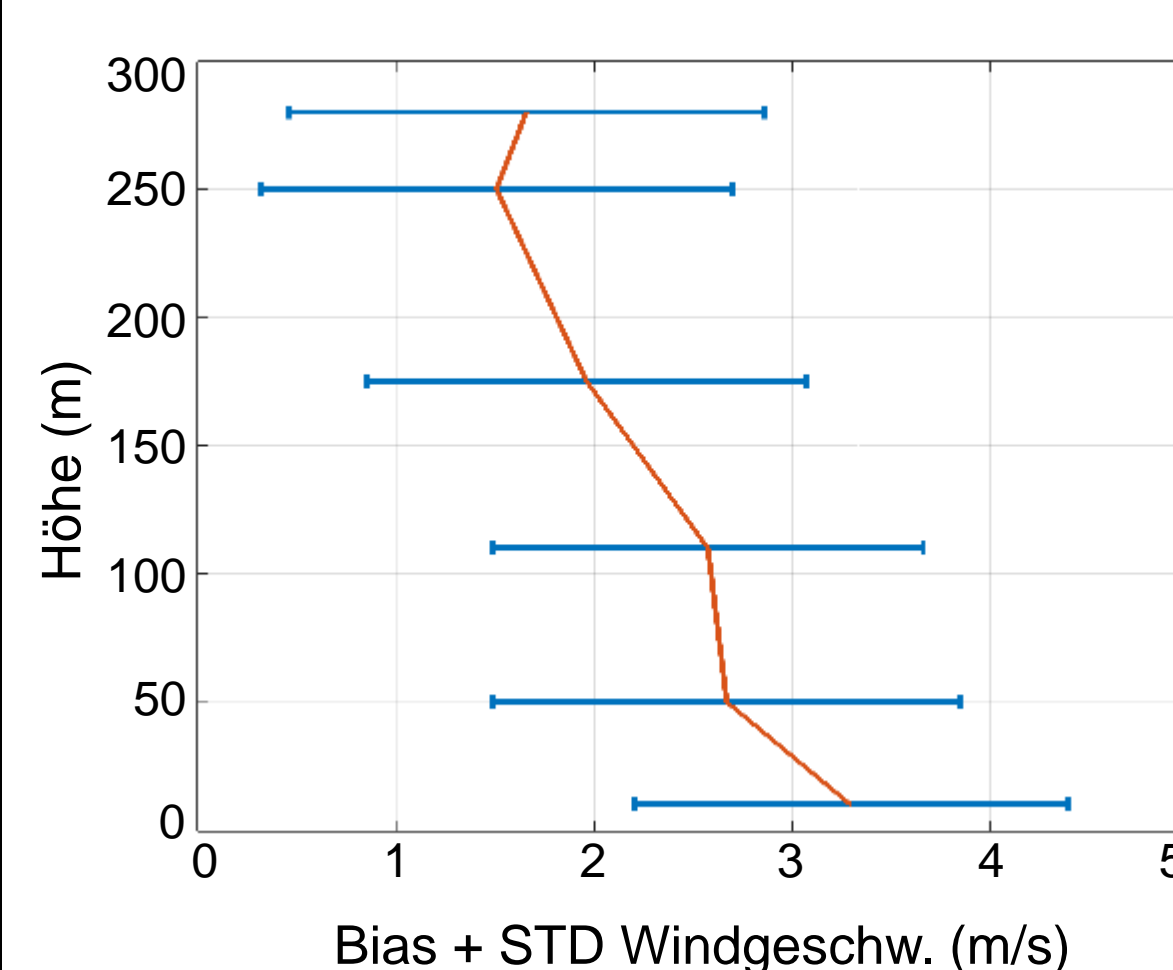
- Vor allem bodennah, hoher Anteil von Ostwinden (Stadt?).
- Ostwinde treten vor allem bei niedrigen Windgeschwindigkeiten auf.

Aktuelle Live-Daten:
wettermast-hamburg.zmaw.de



Häufigkeitsverteilung der Windrichtung aus 10-Minuten Mittelwerten von 2005 bis 2014.

Evaluation Grenzschicht ICON-LES



Vergleich der Windmessungen vom Wettermast mit den ICON LES Simulationen (alle 4 Tage jeweils von 6-18 Uhr) zeigt signifikante Überschätzung der Windgeschwindigkeit.

- Hoher Bias von über 3 m/s.
- Hohe Standardabweichung mit bis zu 1.5 m/s.
- Weitere Optimierungen des Turbulenzschemas in ICON LES (Smagorinsky) nötig.

BIAS (rot) und STD (blaue Fehlerbalken) der Windgeschwindigkeit auf allen Höhenstufen zwischen ICON-LES und Wettermast.

LES versus RANS



Vergleich der simulierten Strömung (links) und des Turbulenzspektrums (rechts, blau ist simuliert) von RANS (a) und LES (b).

- Large Eddy Simulation (b) löst größere Wirbel im Gegensatz zu RANS Modell (a) direkt auf.
- Bessere Simulation des Windfeldes in komplexem Terrain.
- Turbulenzauflösend.

Zusammenfassung & Ausblick

- Einziger Langzeitdatensatz von Grenzschichtmessungen im urbanen Umfeld am Wettermast Hamburg.
- Hohes Potenzial zur Evaluierung von LES Modellen und für WEA.
- ICON LES Simulationen ermöglichen Turbulenz direkt aufzulösen und Hindernisschicht damit besser zu simulieren.
- LES Simulationen liefern direkte Informationen zur Turbulenz.
 - Erste Simulationen zeigen noch Optimierungsbedarf.