WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Das WindForS-Forschungstestfeld in bergig-komplexem Gelände

WindForS 2019 Complex Terrain Flow Modeling And Measurement Workshop
Stuttgart - 16. März 2019

Andreas Rettenmeier

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)

ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering Test Site in Complex Terrain

WINDFORS Windenergie Forschungscluster

Süddeutsches Windenergie-Forschungscluster WindForS

- Aktuell 24 Institute bzw. Lehrstühle an sieben Universitäten, Hochschulen und Forschungs-einrichtungen in Baden-Württemberg und Bayern
- Expertise seit den 1950er Jahren (u.a. Testfeld „Ulrich Hütter“).

Ziele

- Initiierung und Durchführung gemeinsamer Forschungsprojekte.
- Kooperation mit nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen und der Industrie.
- **Süddeutsches Windenergie-Testfeld** zur Erprobung und Validierung neuer Technologien.

Universität Stuttgart

TUM Technische Universität München

ZSW

Eberhard Karls Universität Tübingen

KIT Karlsruhe Institute of Technology

Hochschule Esslingen University of Applied Sciences

Hochschule Aalen

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Süddeutsches Windenergie-Forschungstestfeld - Ziele

- **Meteorologische Grundlagenuntersuchungen**
- **Erprobung und Validierung neuer Technologien**
  Konstruktion, Aerodynamik, Fertigungstechnik, Betriebsführung, Messtechnik, Monitoring, Einspeisevorhersagen, Site-Assessment, Lärmreduktion, Einsatz neuer Werkstoffe, Energiespeichertechnologie und Netzanbindung
- **Entwicklung und Verifizierung von Simulationssoftware** für die
  - **Auslegung von Windenergieanlagen** als Gesamtsystem
  - **Windfeldmodellierung** im bergig komplexen Gelände
- **Naturschutzbegleitforschung**
- **Plattform für Forschung und Industrie**

ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Verbundforschungsprojekt KonTest

Gefördert durch:

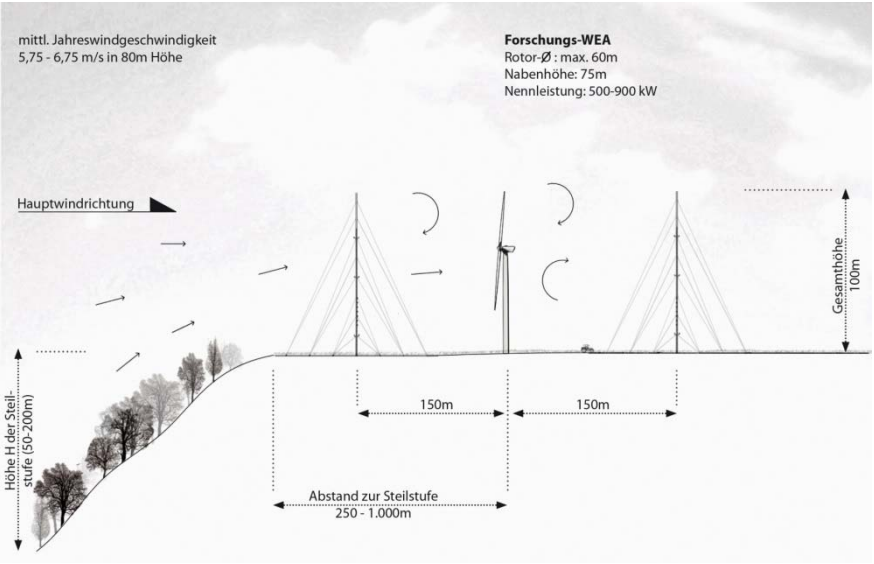
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

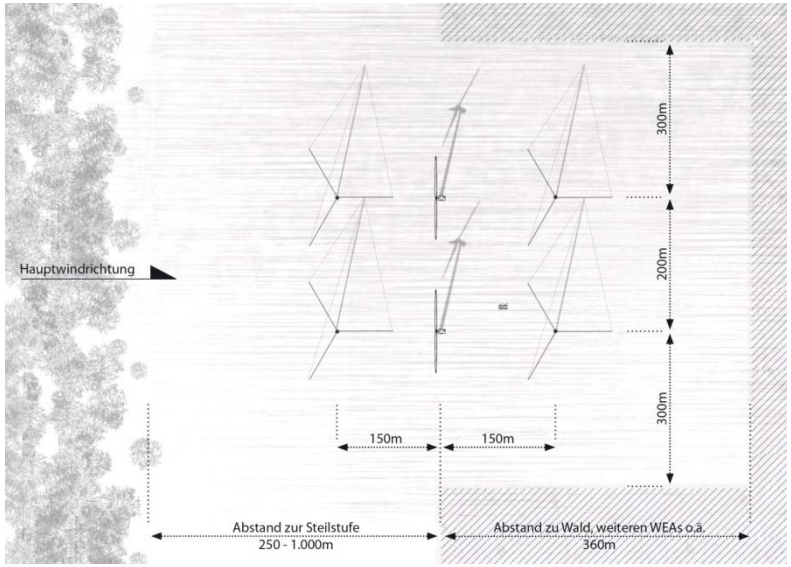
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Laufzeit: Oktober 2013 – März 2016
- Fördersumme: ~1 Mio. €

Ziele & Ergebnisse

- Wissenschaftliche Begleitung der Testfeldkonzeption
- Erstellung von Kriterien für Standort und Forschungs-WEA





[Abb. TUM-LAREG]

Standort
Geislingen an der Steige, Ortsteil Stötten
Schwäbische Alb

DWD-
Station
Stötten

Untersuchtes Gebiet mittels
Messungen und Strömungs-
simulation

Ca. Größe
des Testfelds

[Abb. IAG, SWE, Google Earth]

WINSENT
Wind Science & Engineering Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie Forschungscluster

WINd Science and ENgineering in Complex Terrain

AP 0: Koordination

AP 1: Bauvorbereitung, Genehmigung und Installation „Aufbau und Betrieb“	AP 2: Charakterisierung des Testfeldstandorts „Mikroklima“	AP 3: Charakterisierung der Forschungs-WEA „FoWEA“
Genehmigungsverfahren sowie Spezifikation, Erwerb und Aufbau der erforderlichen Windmess-masten, Messsensorik, Messdatenerfassung und der Forschungs-WEA	Detaillierte Charakterisierung des Testfeldstandorts vor, während und nach der Errichtung der FWEA durch Messungen und Simulationen	Charakterisierung der FWEA durch die Erstellung eines Baseline-Reglers und verschiedener numerischer Anlagenmodelle der FWEA in unterschiedlicher Detaillierungstiefe

Ziel

Detaillierte Charakterisierung des Testfeldstandorts und der Forschungs-WEA durch Messungen und Simulationen im Zuge der Realisierung eines süddeutschen Windenergie-Forschungstestfeldes

WINSENT (FKZ 0324129A-F)
WINSENT-BW (FKZ L7516012)

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Forschungs-WEA

Erwerb des Know-How und der FWEA sowie Betrieb durch ZSW (Februar 2017)

- Hersteller: ATB Riva Calzoni SpA (Italien)
  Modell: ATB 750-54
  IP-Rights: S&G Engineering GmbH (Deutschland)
- Nennleistung: 750kW
  Nabenhöhe: 72,5m
  Rotordurchmesser: 54m
- Übertragbarkeit und Skalierung von Ergebnissen unter Berücksichtigung aller Details (Steifigkeiten, Eigenfrequenzen,…) gewährleistet.

ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie Forschungscluster

Messsysteme Meteorologie – volle Ausbaustufe

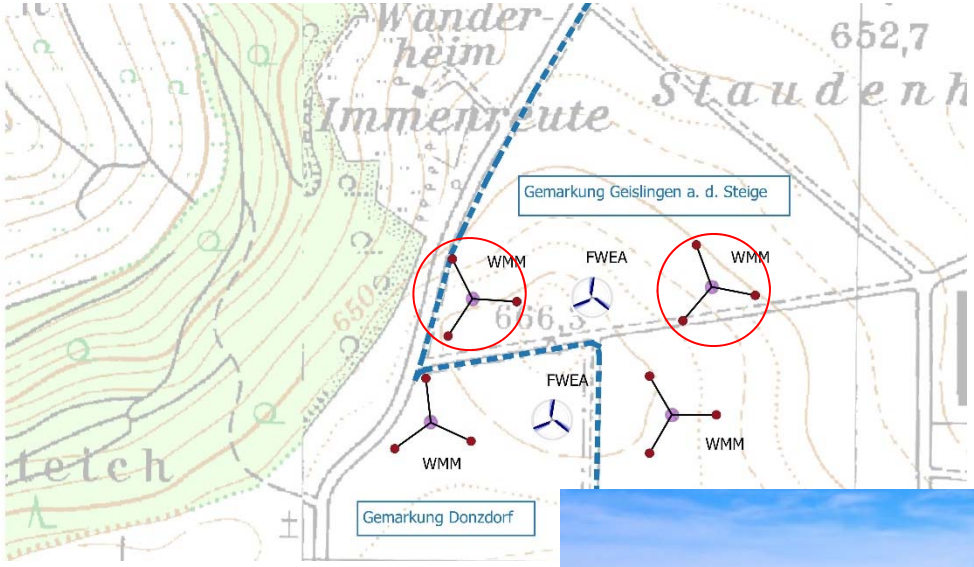
- 4 meteorologische Messmasten
- 3 Eddy-Kovarianzsysteme
- 3 synchronisierte, scannende Lidar-Systeme
- Lidar Windprofiler
- Ceilometer
- Unmanned Aircraft System (Uni Tübingen)

<u>Weitere Instrumentierung</u>

- 2 vollumfänglich ausgerüstete Forschungs-WEA gemäß IEC 61400-13 zzgl. weiteren Rotorblattsensoren
- Seismische und akustische Sensoren unter dem Fundament bzw. im nahen Umfeld der FWEA
- in Bezug zur Naturschutzbegleitforschung (NatForWINSENT, BfN/BMU)

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster



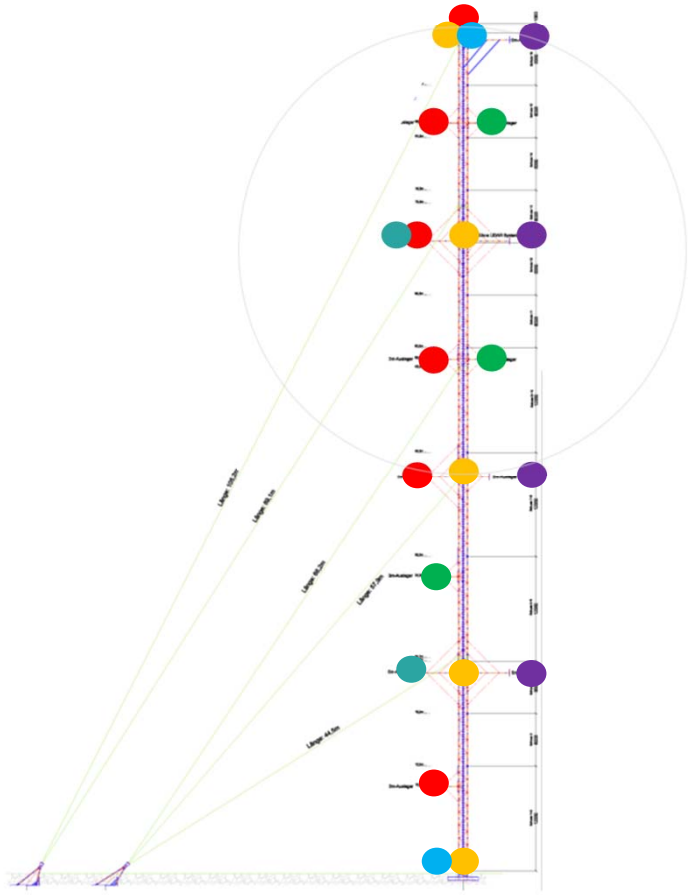
Errichtung des WMM-NE
September 2018

[Abb. ZSW]

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Bestückung WMM-NW



- 1st Class Schalenkreuzanemometer
- 1st Class Windrichtungsgeber
- Hygro-Thermogeber
- Barogeber
- Ultraschallanemometer
- H2O/CO2 Gasanalysator

Abtastrate – 20Hz

Statistiken – 10min Mittelwerte

Plattform auf 73m (z.B. für Lidar)

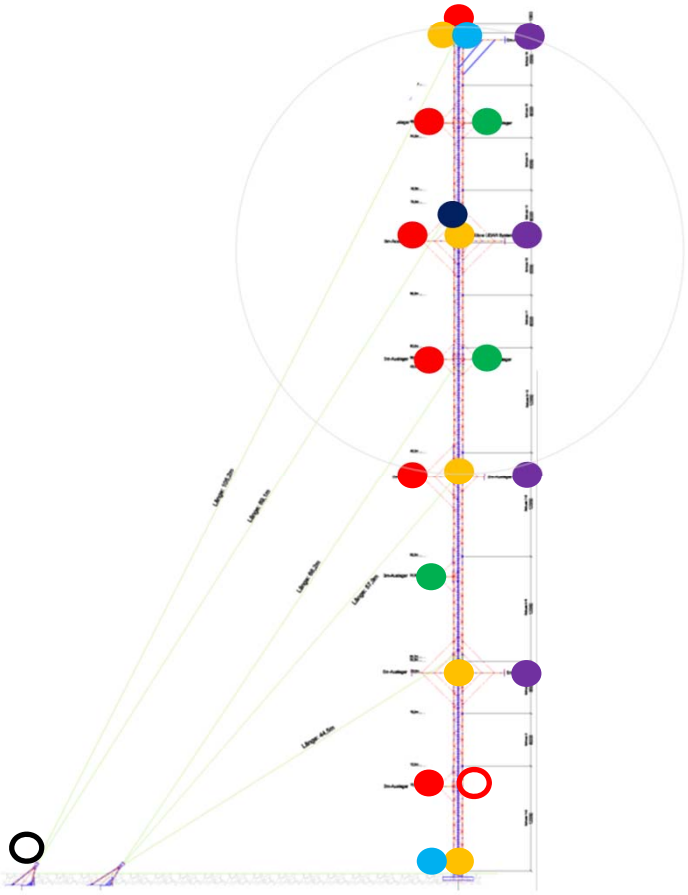
[Abb. ZSW]

ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Bestückung WMM-NE



- 1st Class Schalenkreuzanemometer
- 1st Class Windrichtungsgeber
- Hygro-Thermogeber
- Barogeber
- Ultraschallanemometer
- Sichtweitensensor
- Niederschlagssensor
- Niederschlagswächter

Abtastrate – 20Hz

Statistiken – 10min Mittelwerte

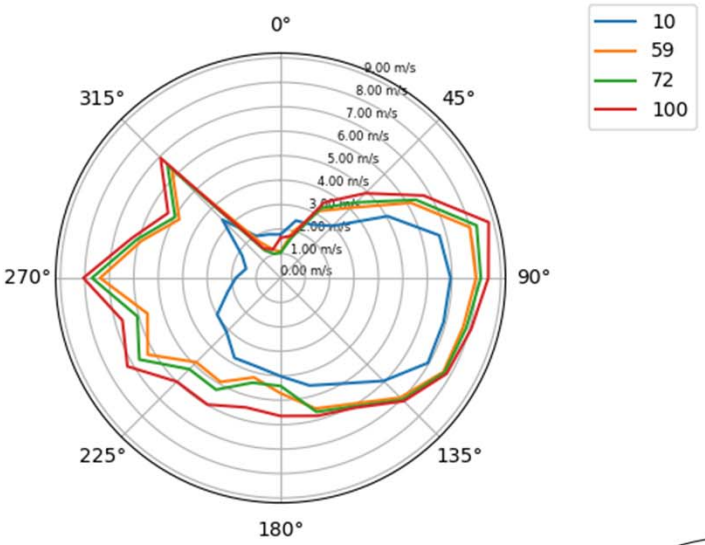
[Abb. ZSW]

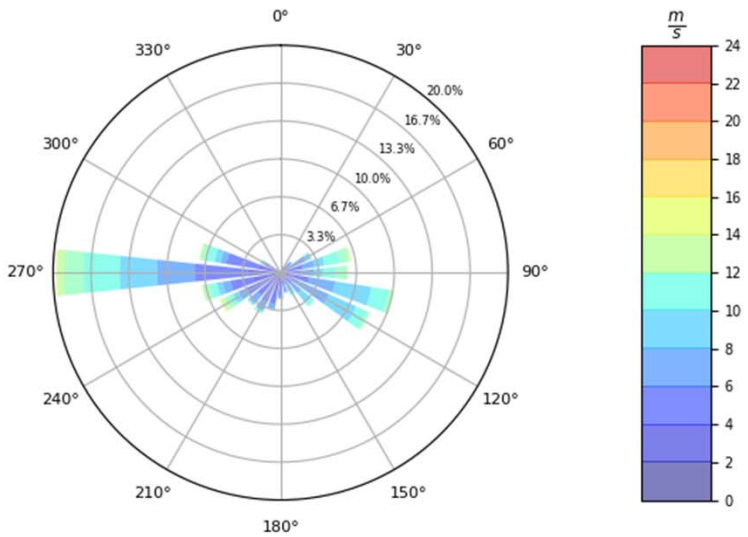
ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

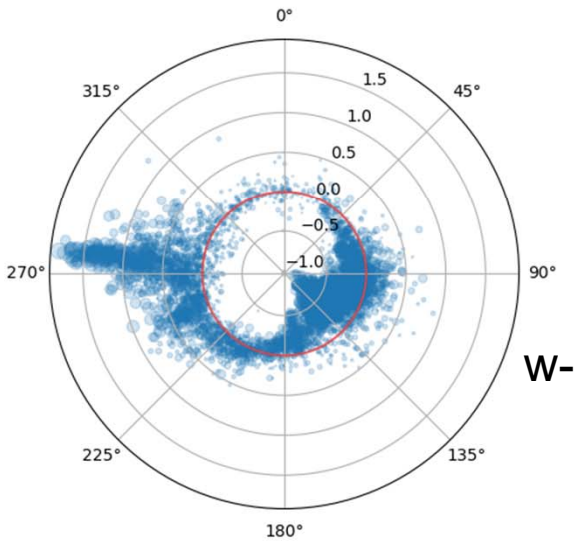
WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Messdaten (WMM-NW) (Okt 2018 – Feb 2019)





Windrose @ 72m



w-Komponente @ 72m

[Abb. USTUTT-SWE]

ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

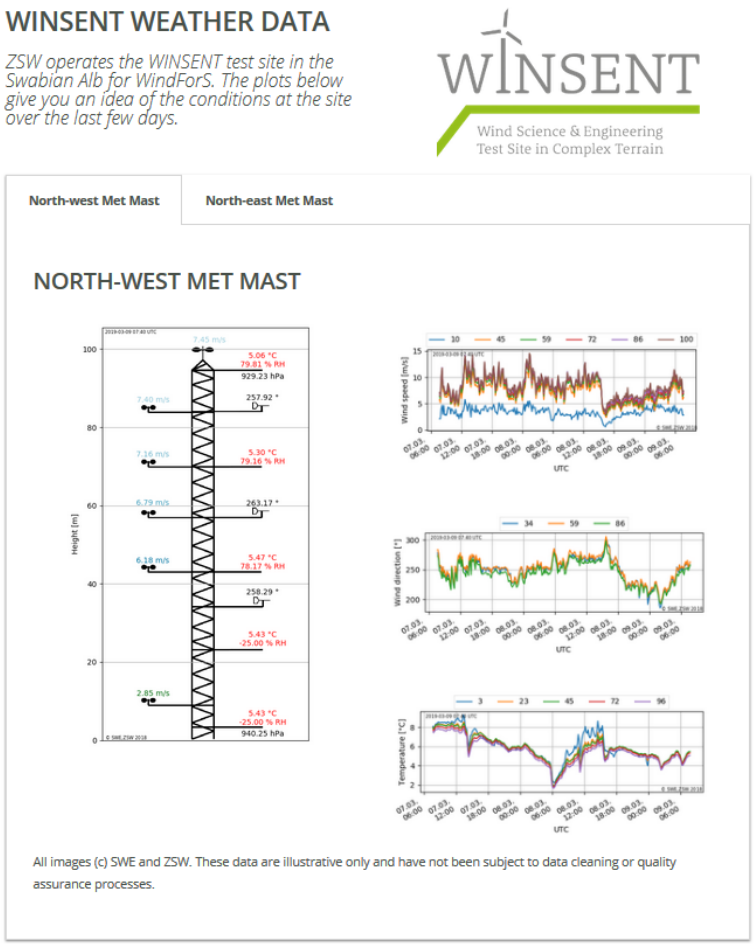
WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Online Messdatenvisualisierung der zwei Windmessmasten

Dargestellt werden die 10min-Mittelwerte der letzten 48 Stunde aller analogen Sensoren, wie die Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen, Temperaturen, Luftfeuchtigkeiten und -drücke auf unterschiedlichen Höhen über Grund.

Zukünftig:

- Frei verfügbare Daten (10min Statistiken)
- Webbasierter Zugang
- Downloadportal



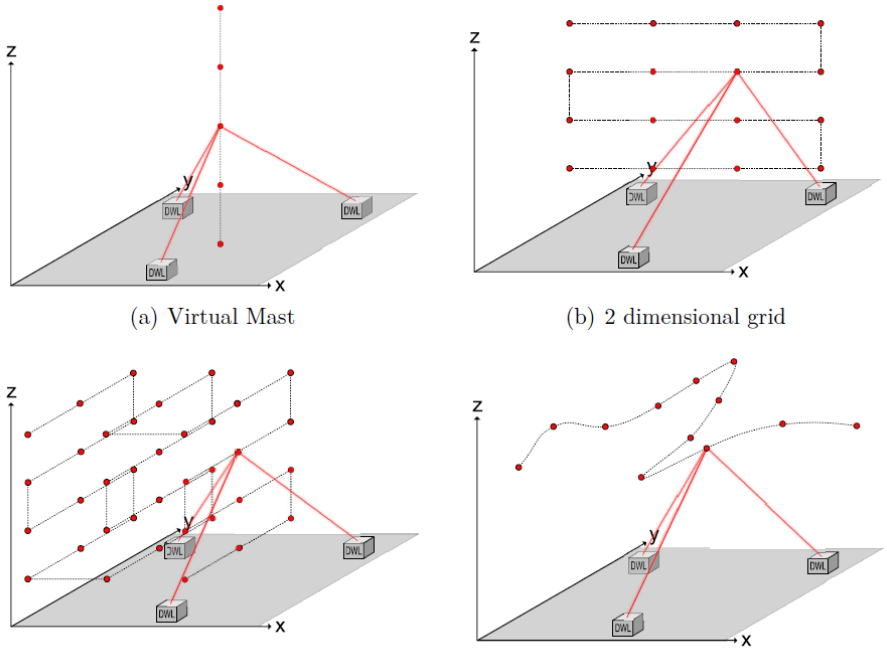
Internetadresse: https://www.windfors.de/en/projects/test-site/winsent-weather/

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Freifeldmesstechnik – Lidar-Systeme

Synchronisierung der drei Lidar-Systeme



(a) Virtual Mast

(b) 2 dimensional grid

(c) 3 dimensional grid

(d) Free path

[Fotos ZSW]

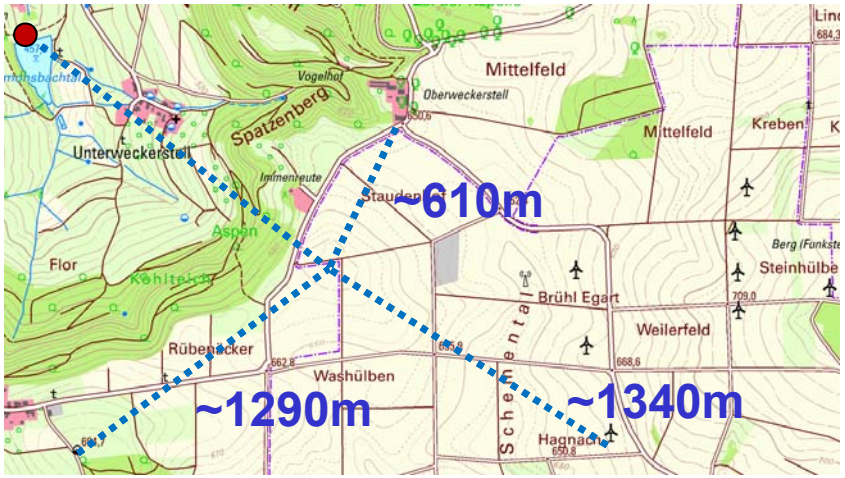
[Abb. ZSW / SWE]

ZSW

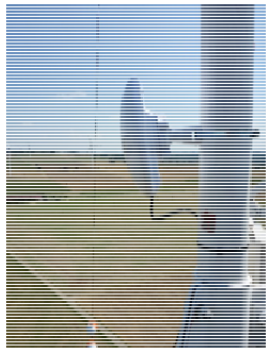
WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Freifeldmesstechnik – Lidar-Systeme



Standorte Lidar-Scanner und Profiler



Kommunikation über Richtfunk-antenne am WMM-NW

[Abb. Google-Sattelite, ZSW GIS. ZSW]

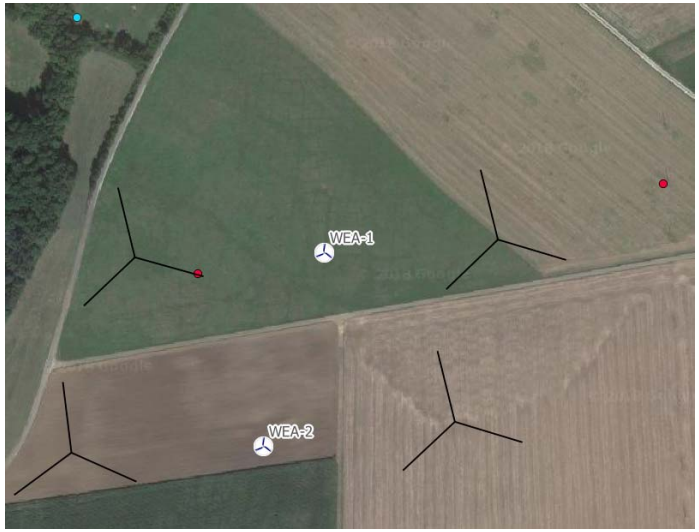
ZSW

Freifeldmesstechnik – Eddy-Kovarianz & Ceilometer

[Foto ZSW]

Installation der Eddy-Kovarianz Stationen (rote Punkte) im Mai 2018

Ceilometer (türkis, Mai 2019)



[Abb. Google-Sattelite, ZSW GIS]

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Ausblick

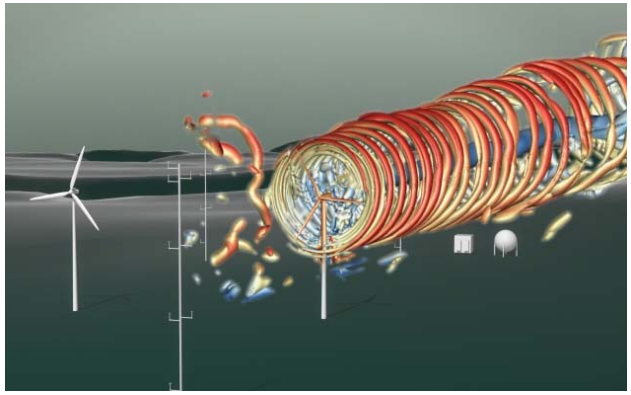
- 1st Intensive Observation Period (IOP) im Mai / Juni 2019
- Errichtung und Instrumentierung der zwei weiteren Masten WMM-SW und WMM-SO (Oktober / November 2019)
- 2nd IOP im Herbst 2019
- Errichtung der zwei Forschungs-WEA im Frühjahr 2020
- Testfeldbetrieb: min. 10 Jahre, max. 20 Jahre
- Weitere ingenieur- und naturwissenschaftliche Forschungsvorhaben in Zusammenarbeit mit der Industrie erwünscht.

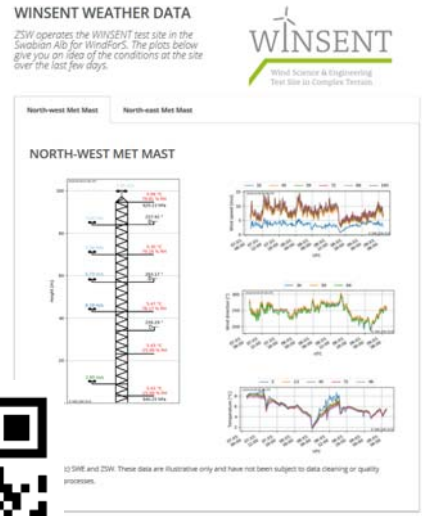
ZSW

WINSENT
Wind Science & Engineering
Test Site in Complex Terrain

WINDFORS
Windenergie
Forschungscluster

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!





Kontakt
andreas.rettenmeier@zsw-bw.de
+49 711/ 78 70 229

ZSW