

# Verlustberechnung auf Zeitreihenbasis Gutachten vs. Betriebsdatenauswertung

**28. Windenergietage in Potsdam**

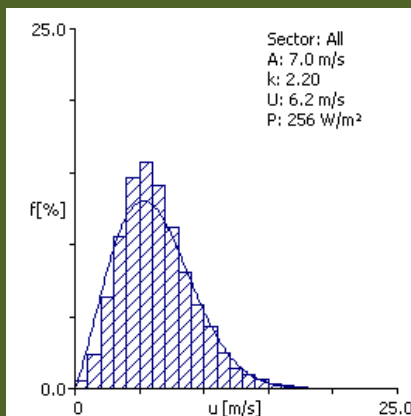
**Anna-Lena Stubbenhagen, Lasse Blanke,  
Melanie Wilken, Martin Kolbe  
06.11.2019**

**anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH  
Böhmsholzer Weg 3, D-21391 Reppenstedt  
[www.anemos.de](http://www.anemos.de)**

Wind- und Ertragsgutachten  
beruhen auf langjährigen  
Statistiken und mittleren  
Windverhältnissen



Häufigkeitsverteilung  $f(u, dd)$



Restriktionsbedingungen

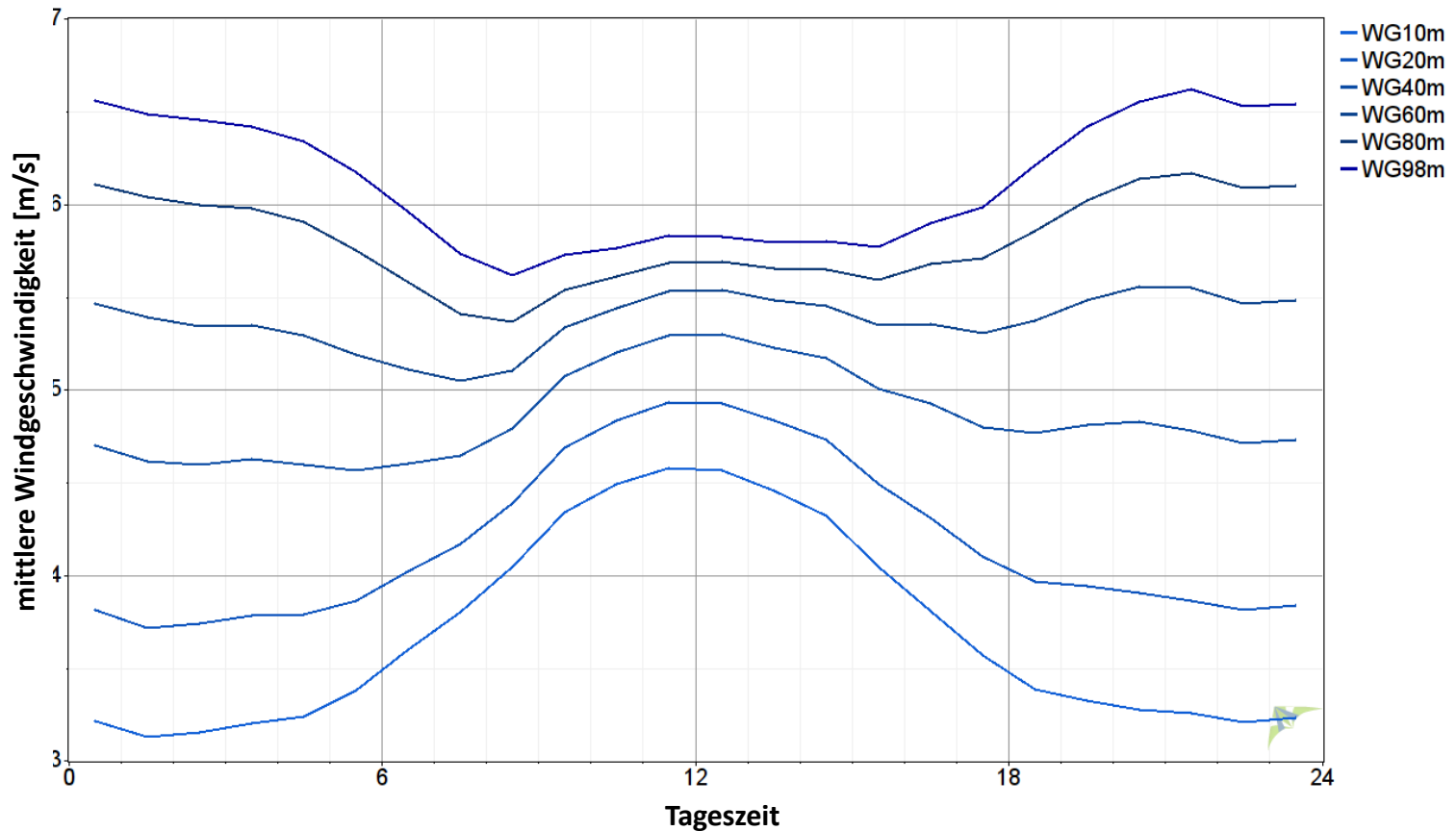


Vorgaben z.B.

- von April bis Oktober
- 1 h vor SU bis 1 h nach SA
- Windgeschwindigkeit < 6 m/s
- Temperatur > 10°C
- kein Niederschlag

- Forderung TR6, Rev. 10 (Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien e.V. (FGW), 26.10.2017)
  1. „zeitliche[r] Verlauf der Energieproduktion [ist] bei der Verlustermittlung zu berücksichtigen“
  2. „zeitliche Temperaturverteilung bei Fledermausverlusten [müssen berücksichtigt werden]“
  3. „relevante Hystereseinflüsse [müssen beachtet werden]“

1. „zeitliche[r] Verlauf der Energieproduktion [ist] bei der Verlustermittlung zu berücksichtigen“

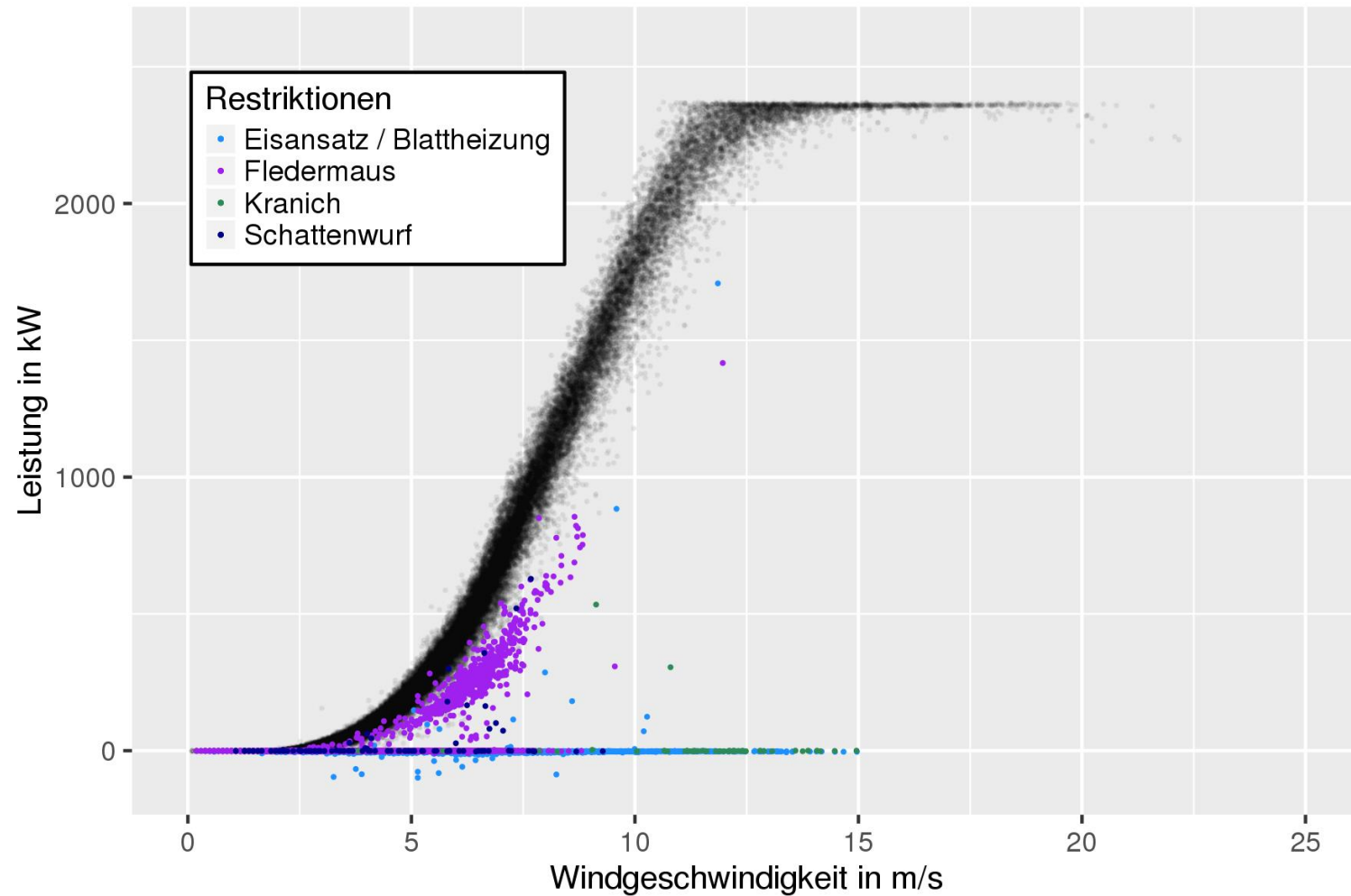


mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit

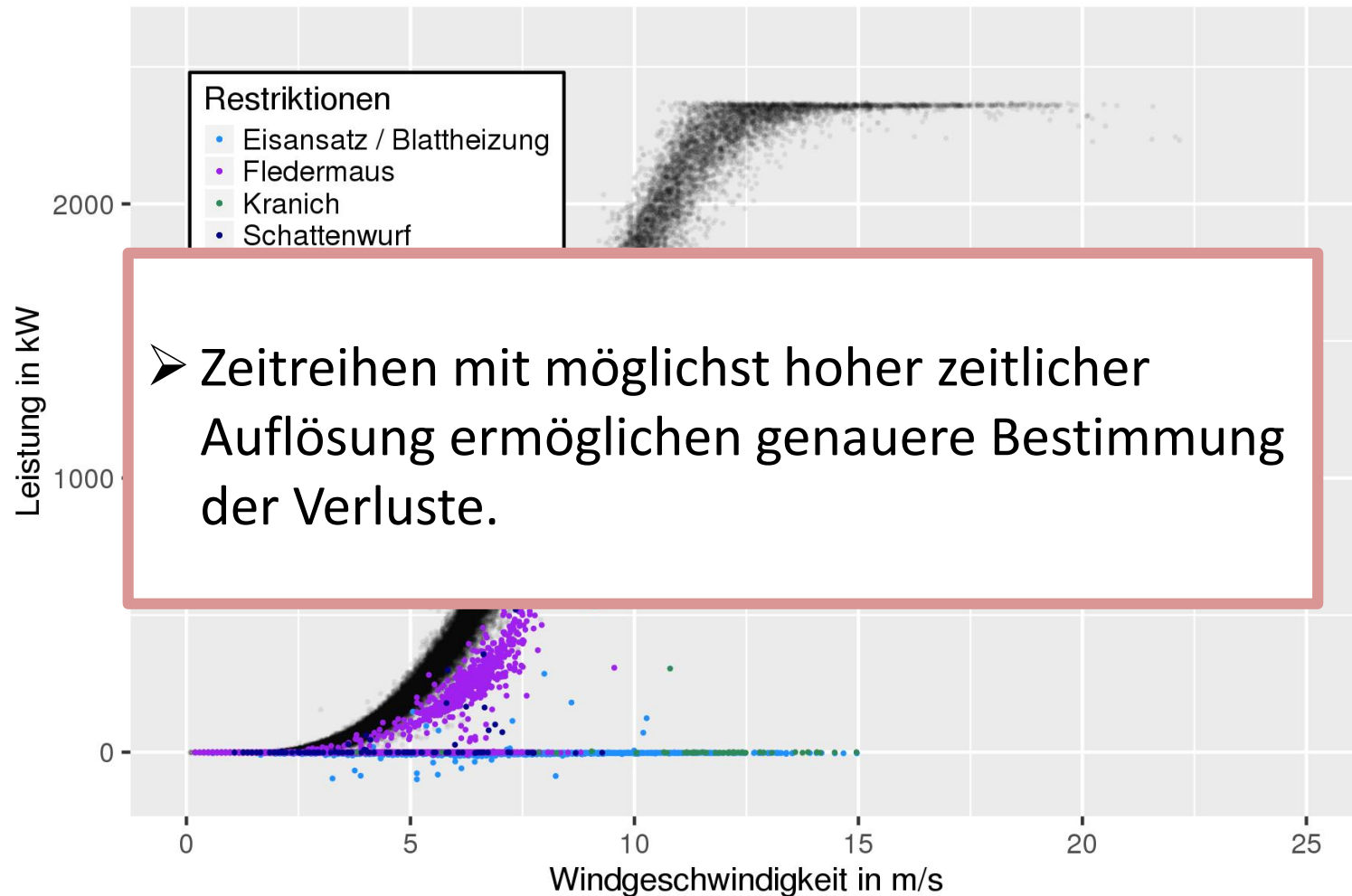
2. „zeitliche Temperaturverteilung bei Fledermausverlusten [müssen berücksichtigt werden]“

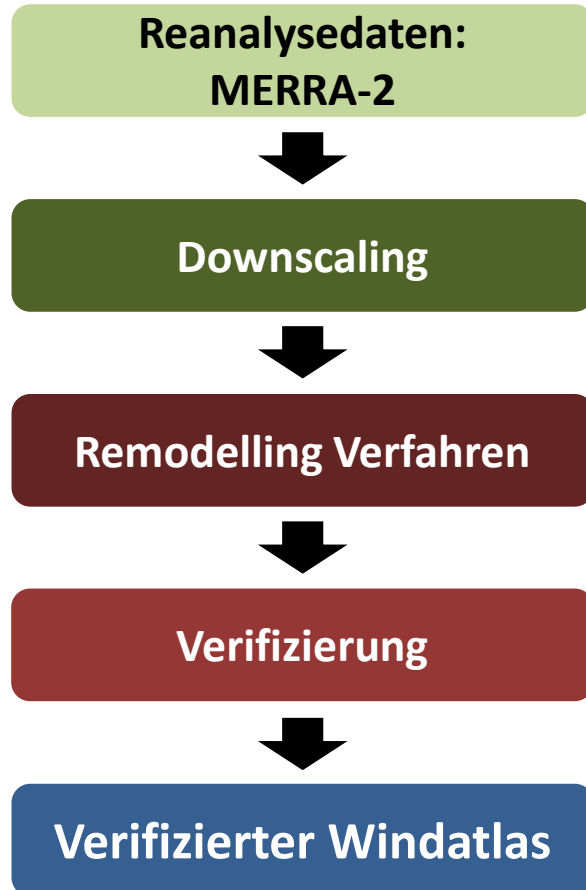
- von April bis Oktober
- 1 h vor Sonnenuntergang bis 1 h nach Sonnenaufgang
- bei Windgeschwindigkeit  $< 6$  m/s
- Temperatur  $> 10^{\circ}\text{C}$
- kein Niederschlag
  
- Nachtzehntelung kann berücksichtigt werden

### 3. „relevante Hystereseinflüsse [müssen beachtet werden]“

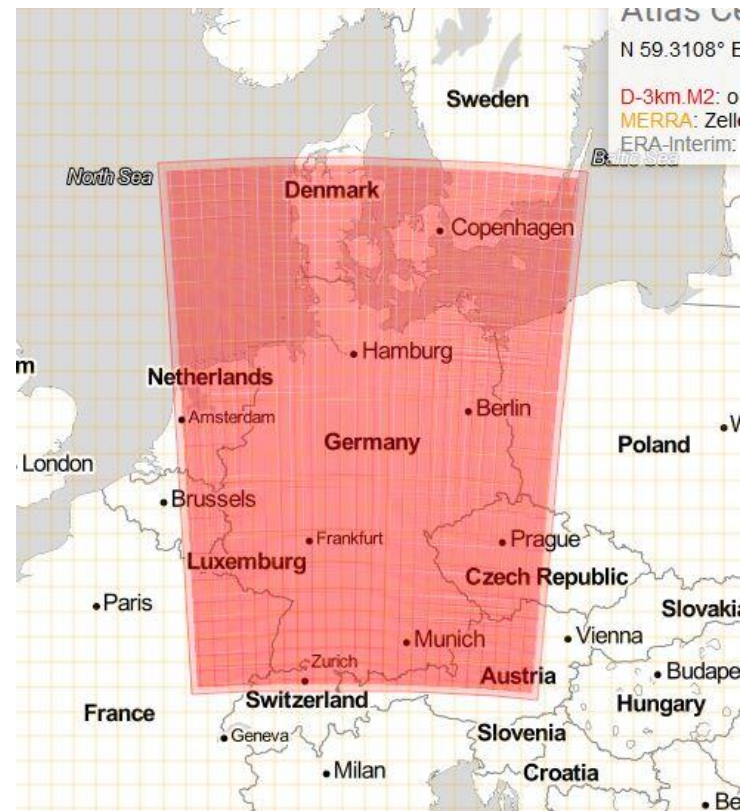


### 3. „relevante Hystereseinflüsse [müssen beachtet werden]“

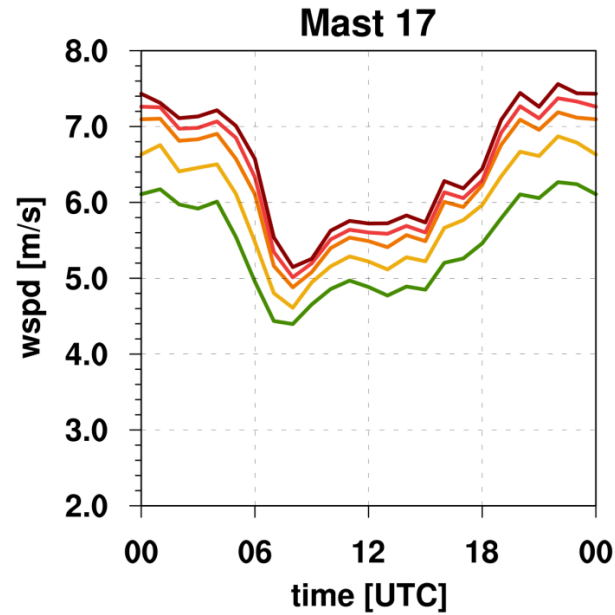
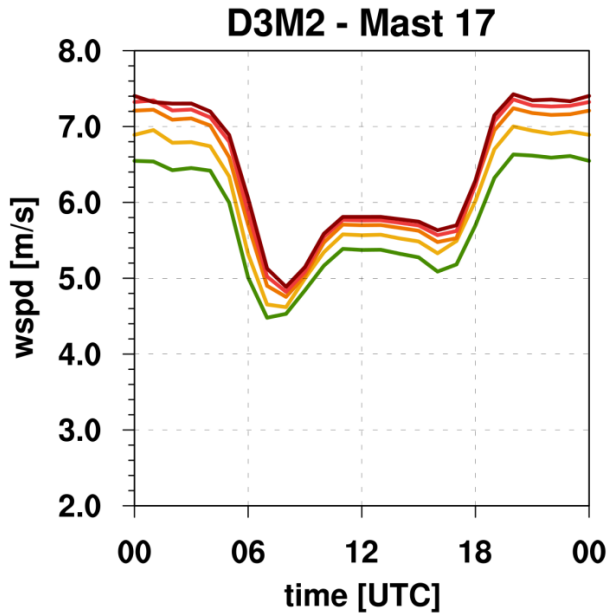




D-3km.M2

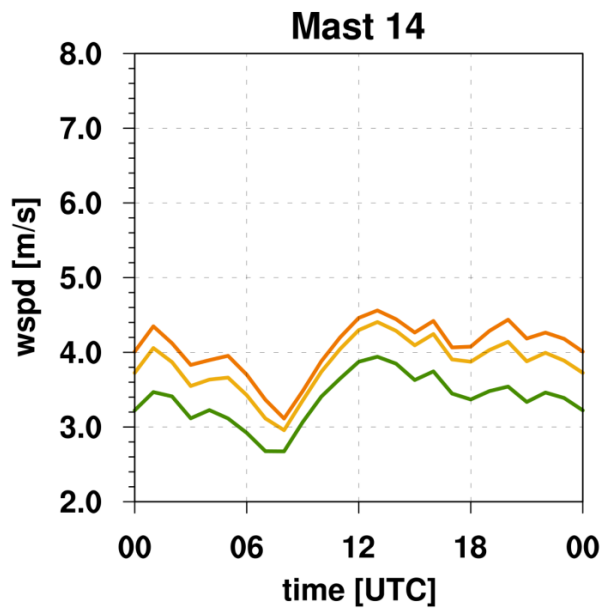
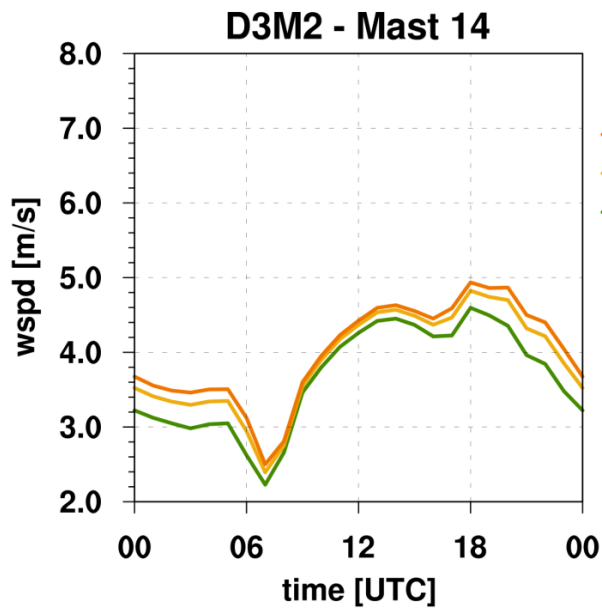




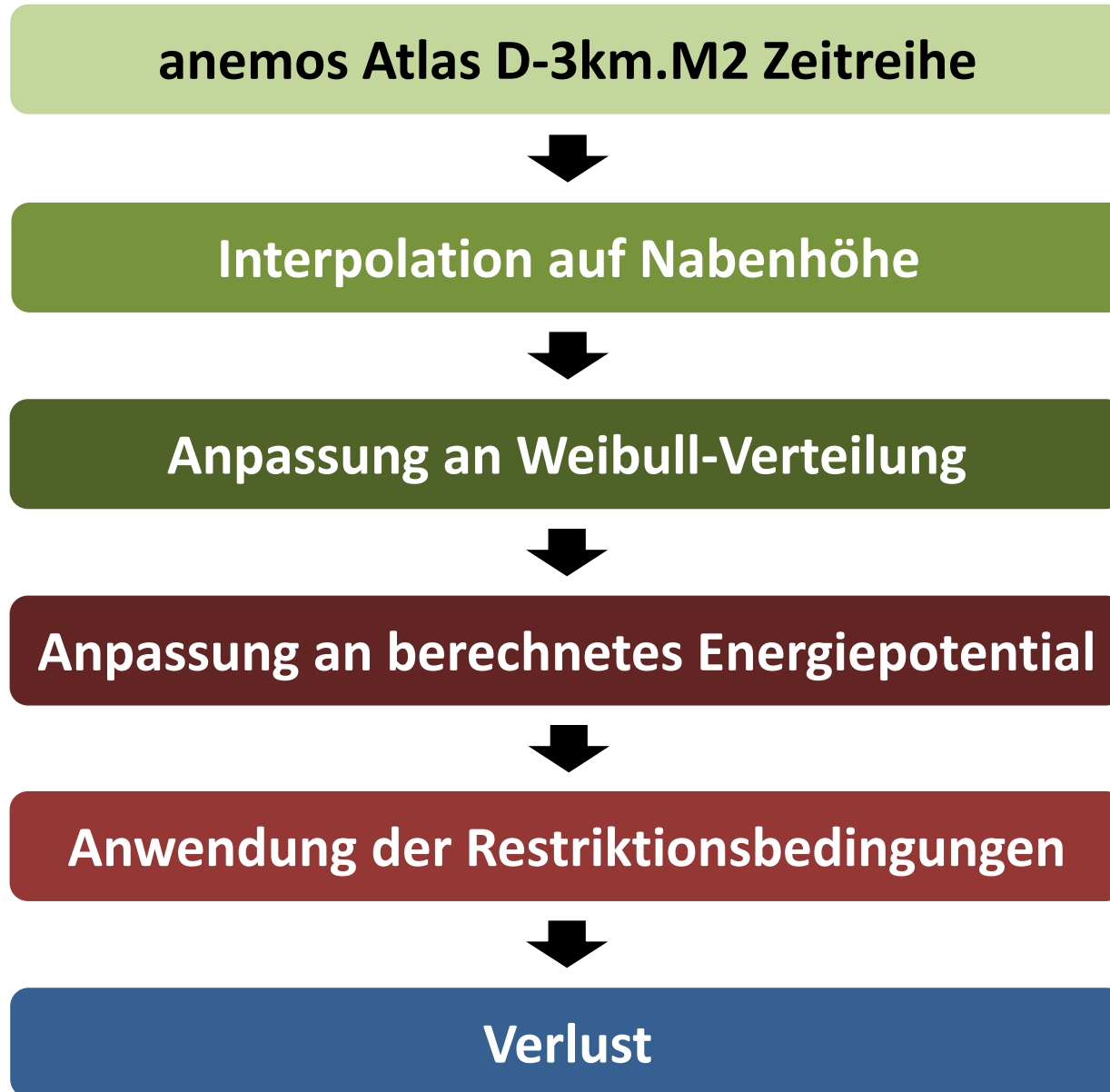


Mast 17

August 2014



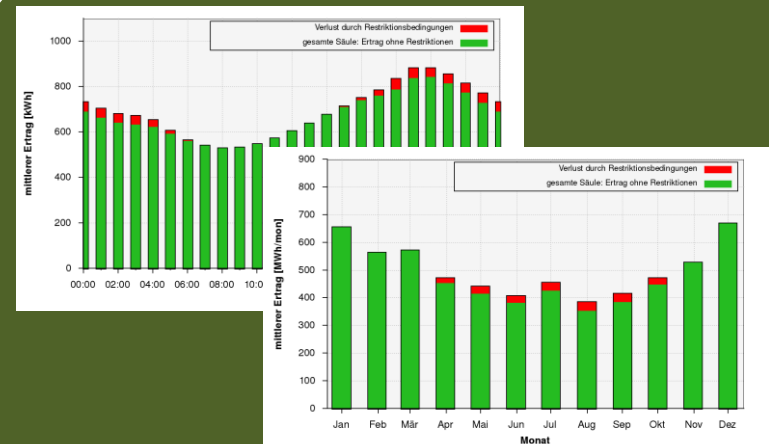
Mast 14



Date [UTC+0]	V [m/s]	T [°C]	E [kW]	E-res [kW]	reason
21.04.2018 19:00	2.34	12.73	6.6	0	restrict
21.04.2018 19:10	2.55	12.74	11.3	0	restrict
21.04.2018 19:20	2.74	12.75	15.4	0	restrict
21.04.2018 19:30	2.96	12.75	20	0	restrict
21.04.2018 19:40	3.15	12.75	32.2	0	restrict
21.04.2018 19:50	3.33	12.78	50.9	0	restrict



- Anteile der durch einzelne Restriktionsbedingungen betroffenen Zeitschritte
- Verlust

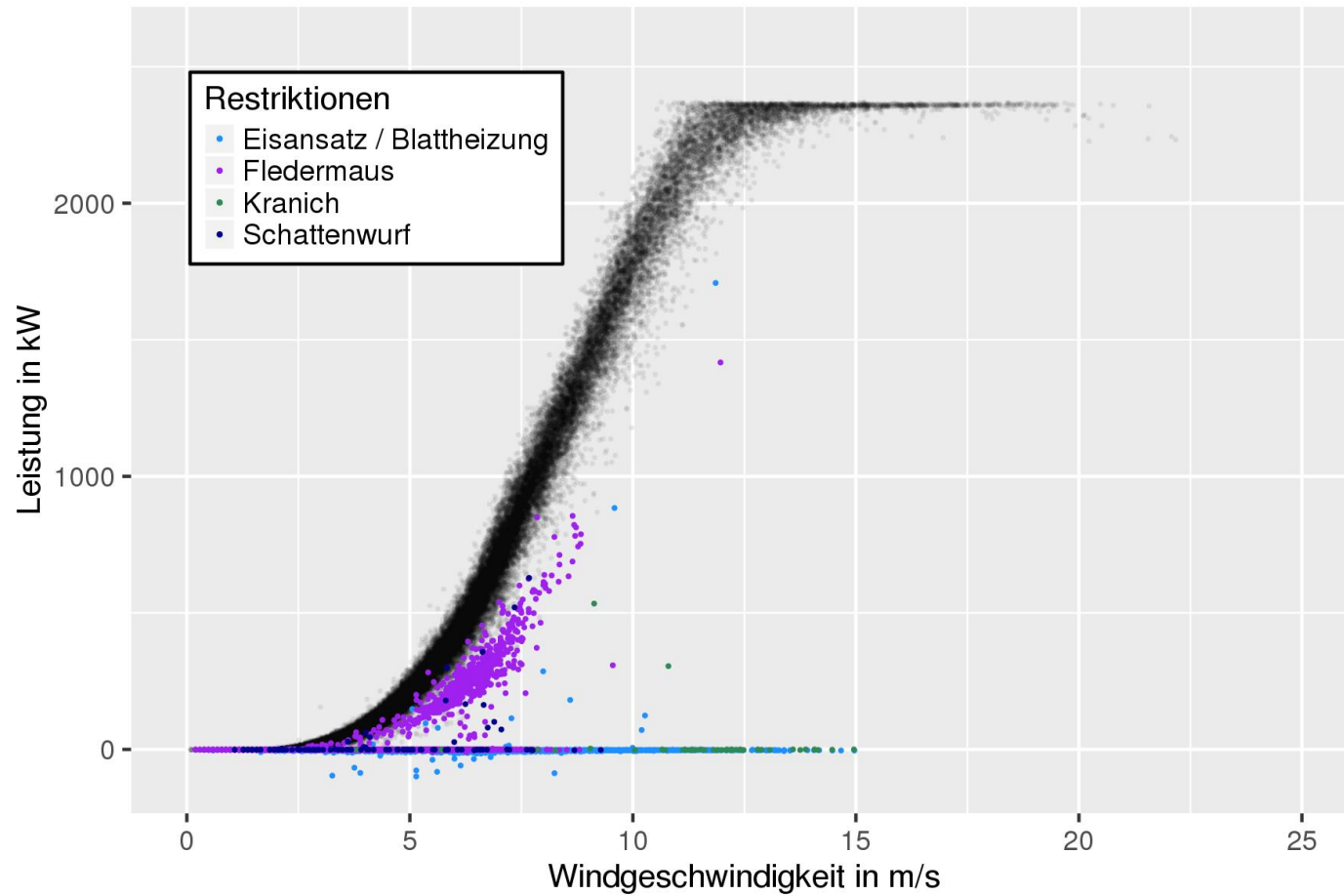


# Beispiel

- 6x WEA, NH: ca. 140 m
- Auswertung von SCADA-Daten eines Jahres

	Gutachten	Betriebsdaten
Langzeitertrag [MWh/a]	ca. 40 000	
Langzeitverlust Fledermaus [%]	0.82	1.93 (2018: 2.77)

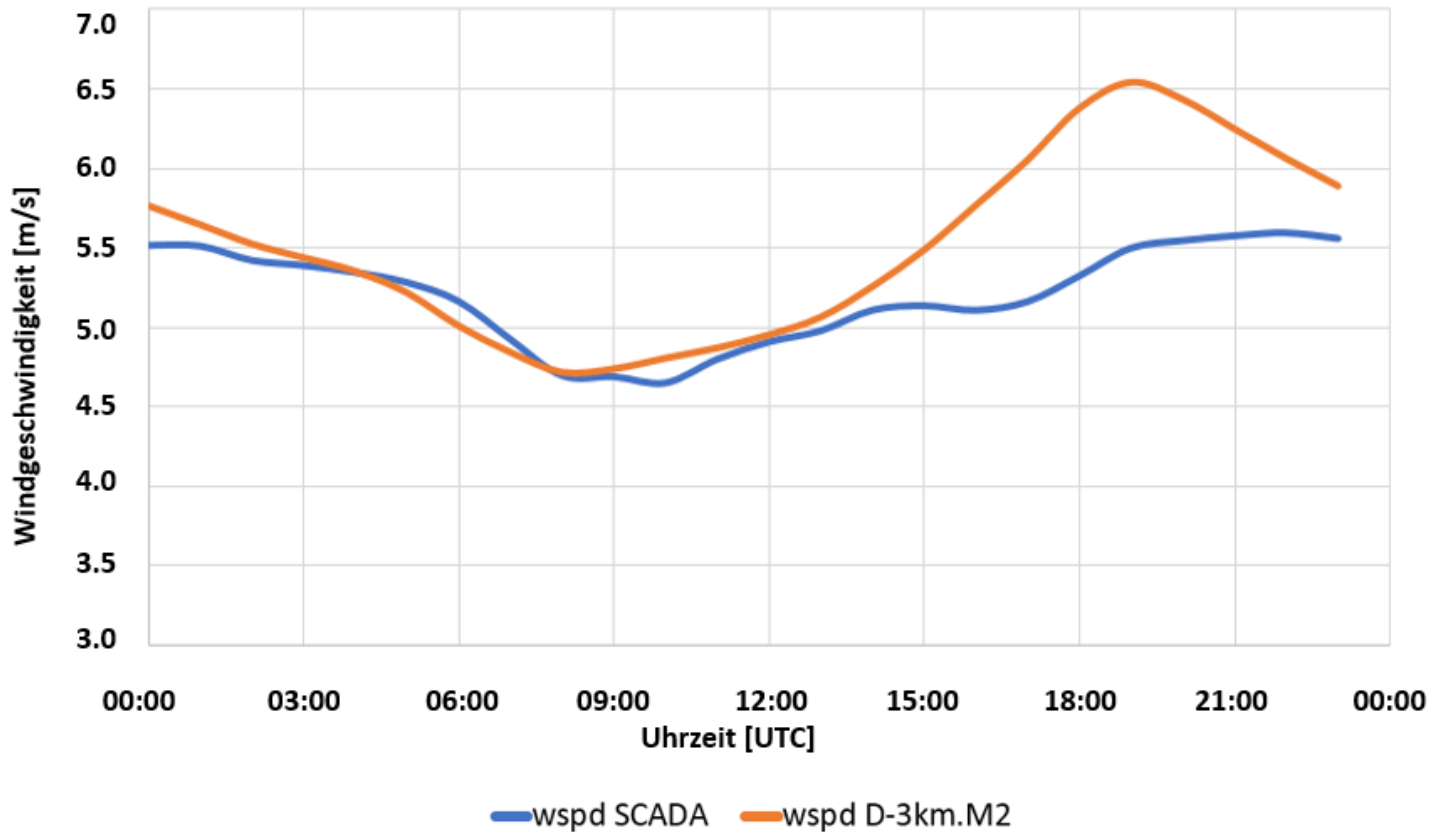
# Hysterese



- Kriterien für saisonalen Zeitraum, täglichen Zeitraum, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur berücksichtigt
- zeitschrittabhängige Luftdichtekorrektur
- Hysterese: Abschalten und Anlaufen der WEA, wenn Kriterien in 3 aufeinanderfolgenden 10-Min-Zeitschritten erfüllt sind

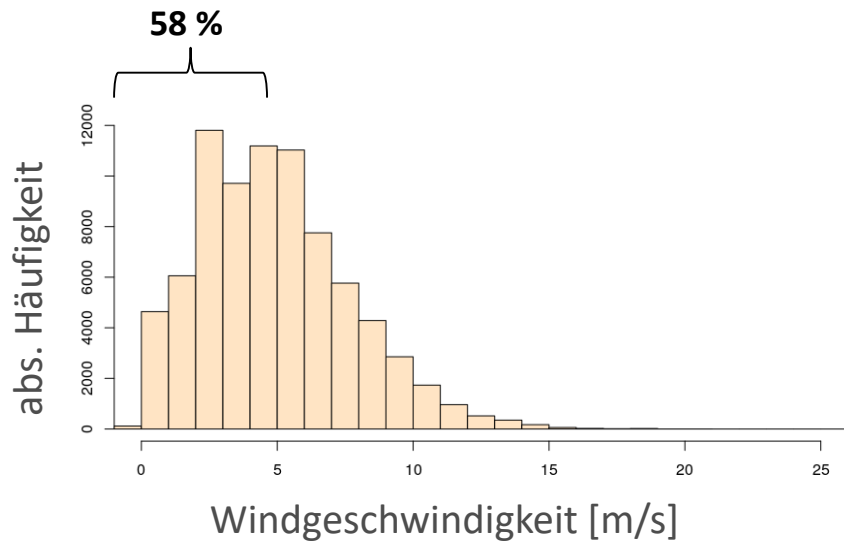
	Verlust [%]
ohne Berücksichtigung von Hystereseeffekten	0.82
mit Berücksichtigung von Hystereseeffekten	0.90

# Tagesgang der Windgeschwindigkeit

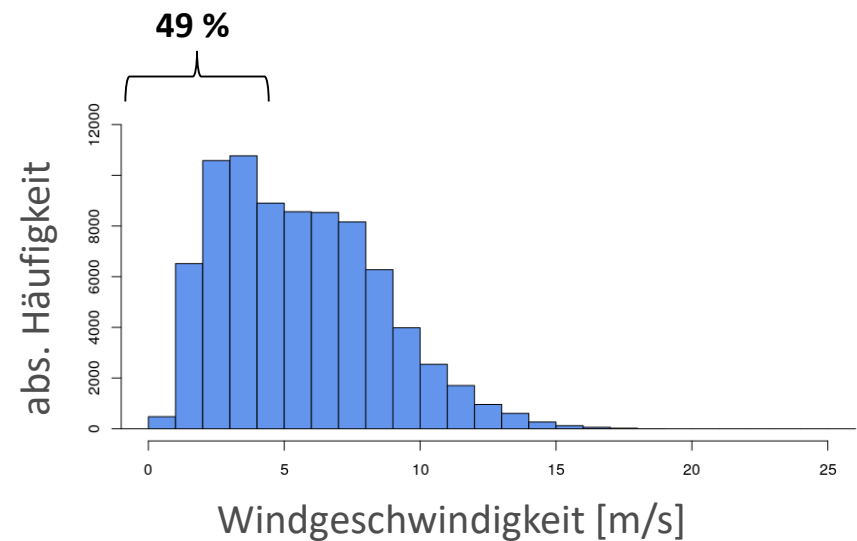


# Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit

- Betriebsdaten

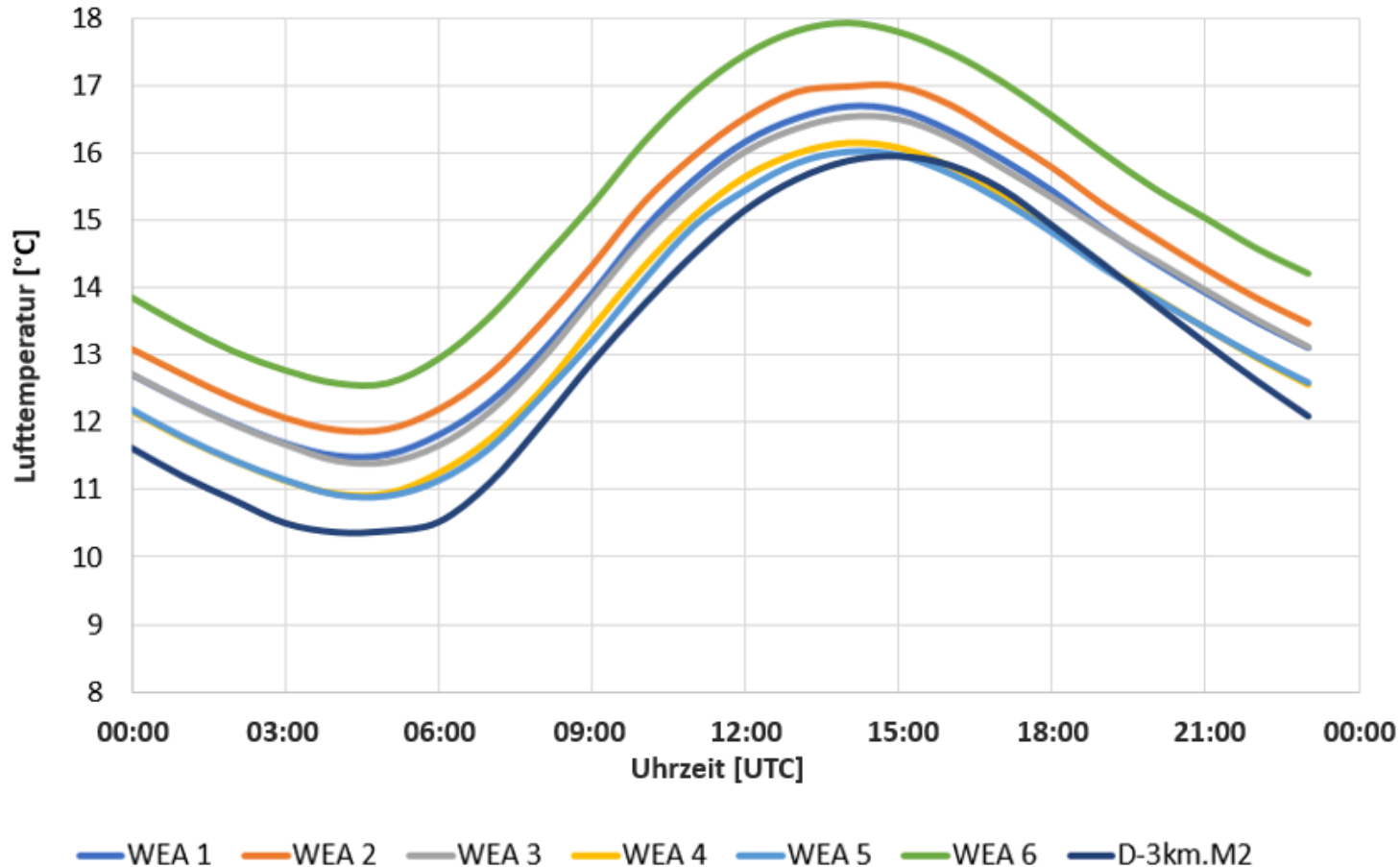


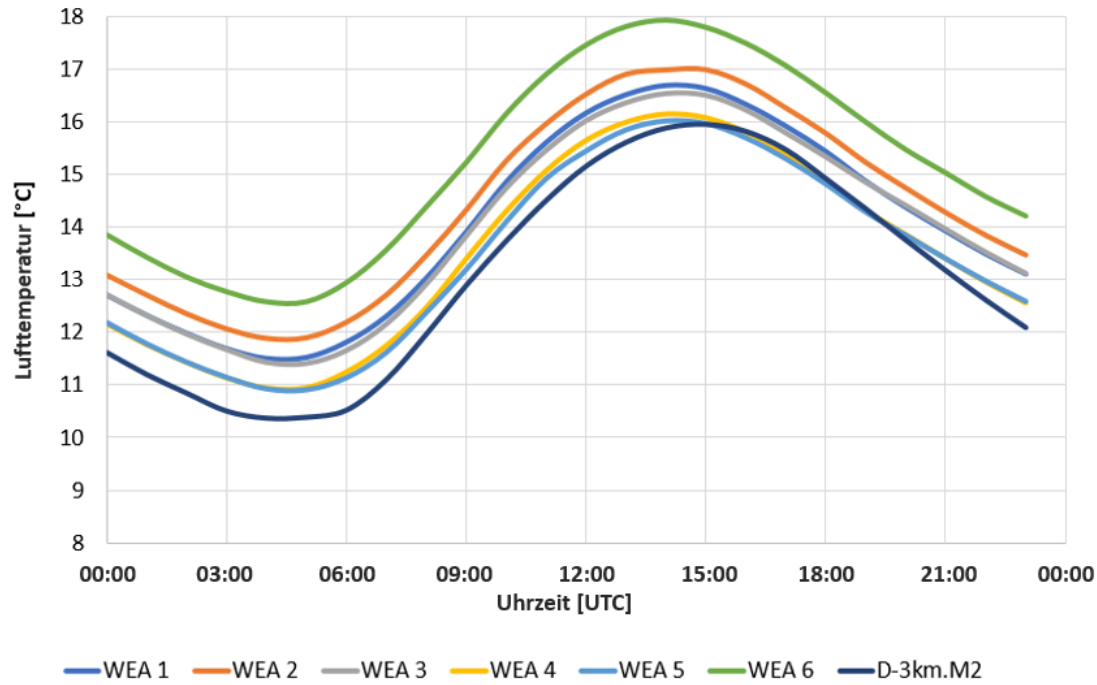
- D-3km.M2

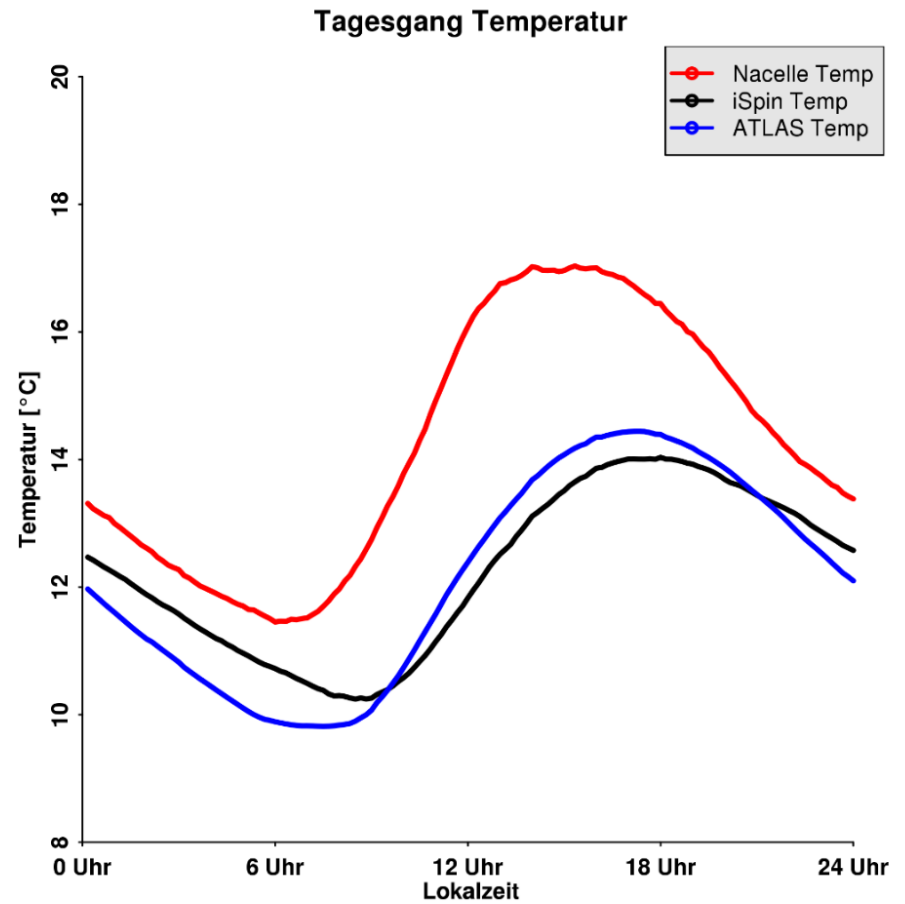
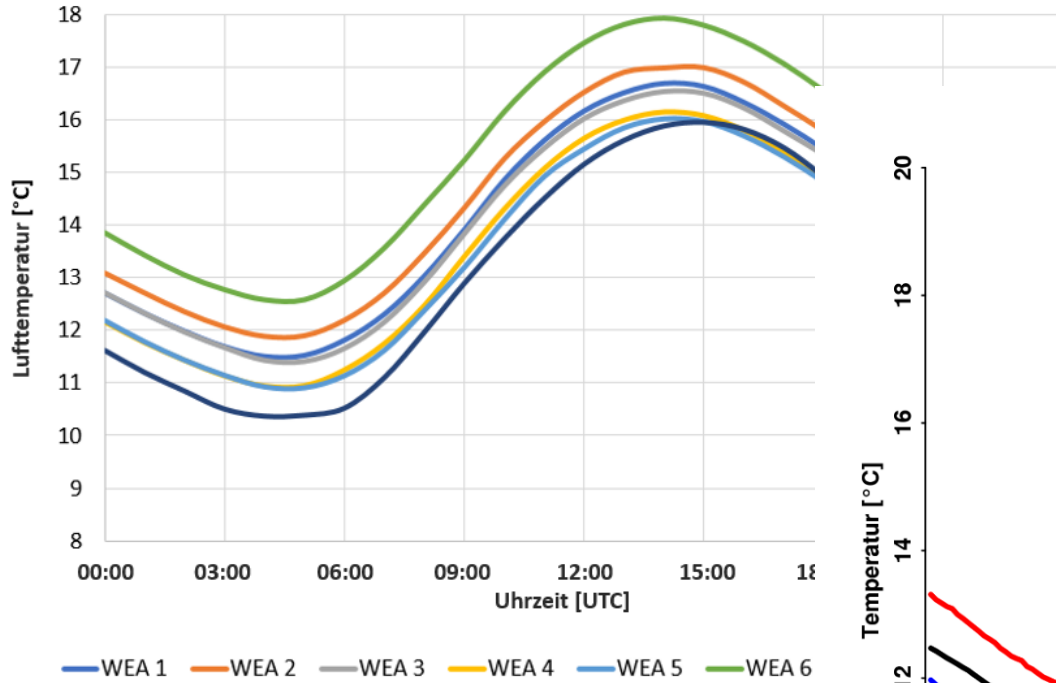




# Tagesgang der Lufttemperatur

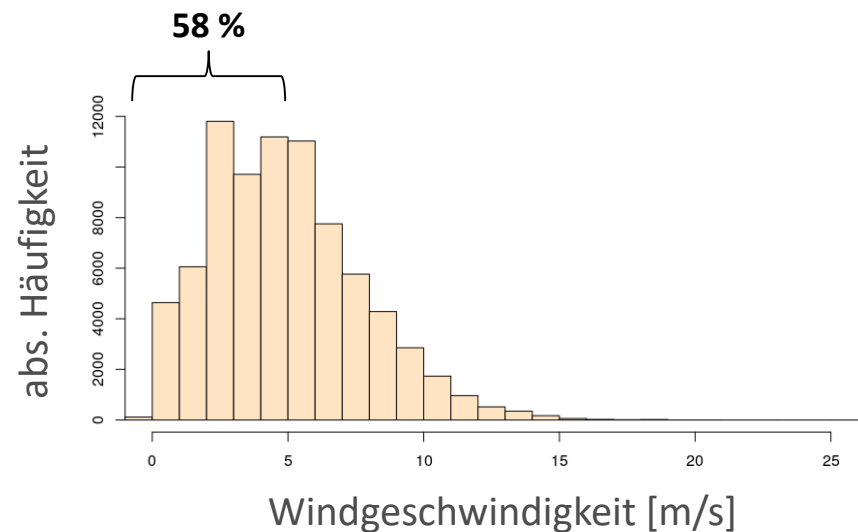
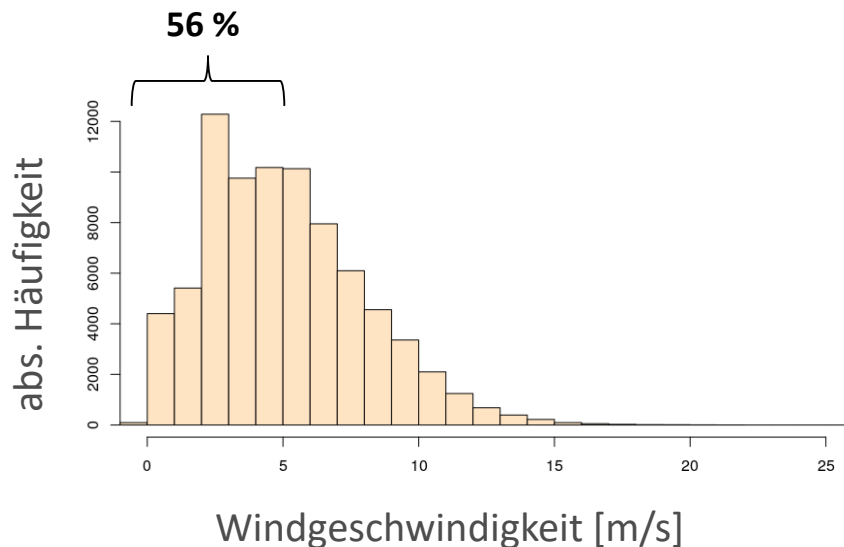






# Parkabschattung

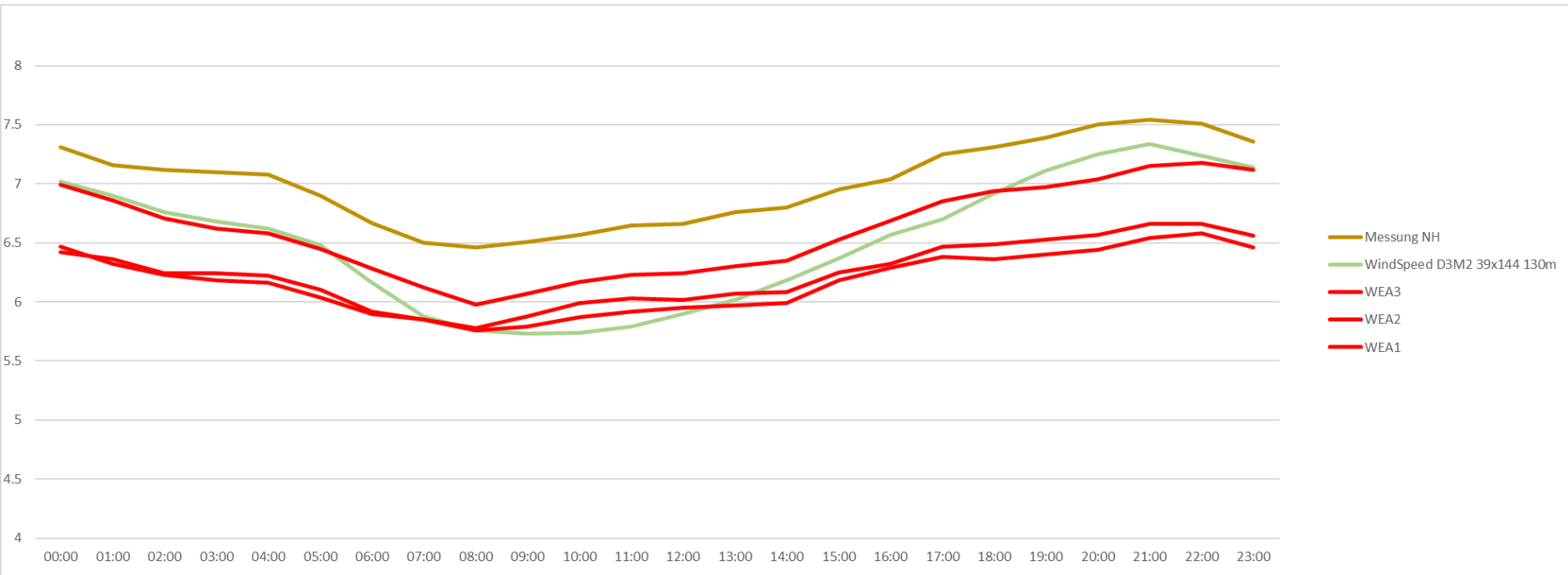
- Abschattung → Reduktion der Windgeschwindigkeit → höhere Verluste
- Modellierung der wake-Effekte spielt wichtige Rolle



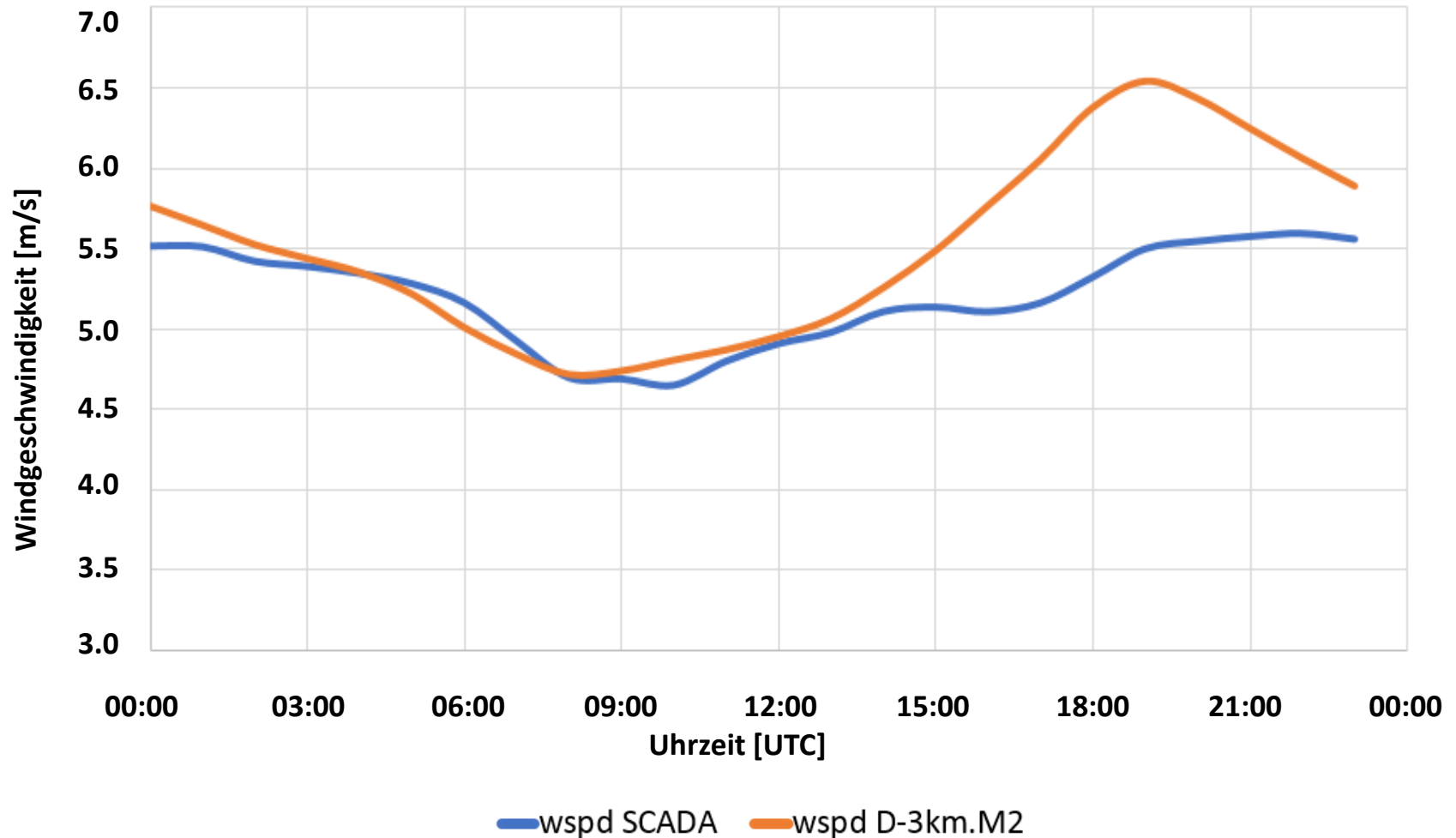
- TR6, sowie zeit- und witterungsabhängige Restriktionsbedingungen fordern Verlustberechnung auf Basis von hochaufgelösten Zeitreihen
  
- Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Verluste
  - Parkabschattung wird nicht ausreichend stark berücksichtigt
  - Gemessene meteorologische Bedingungen an WEA weichen von modellierten Zeitreihen ab
  - Hystereseeffekte können teilweise nicht (ausreichend) berücksichtigt werden

***Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit !***

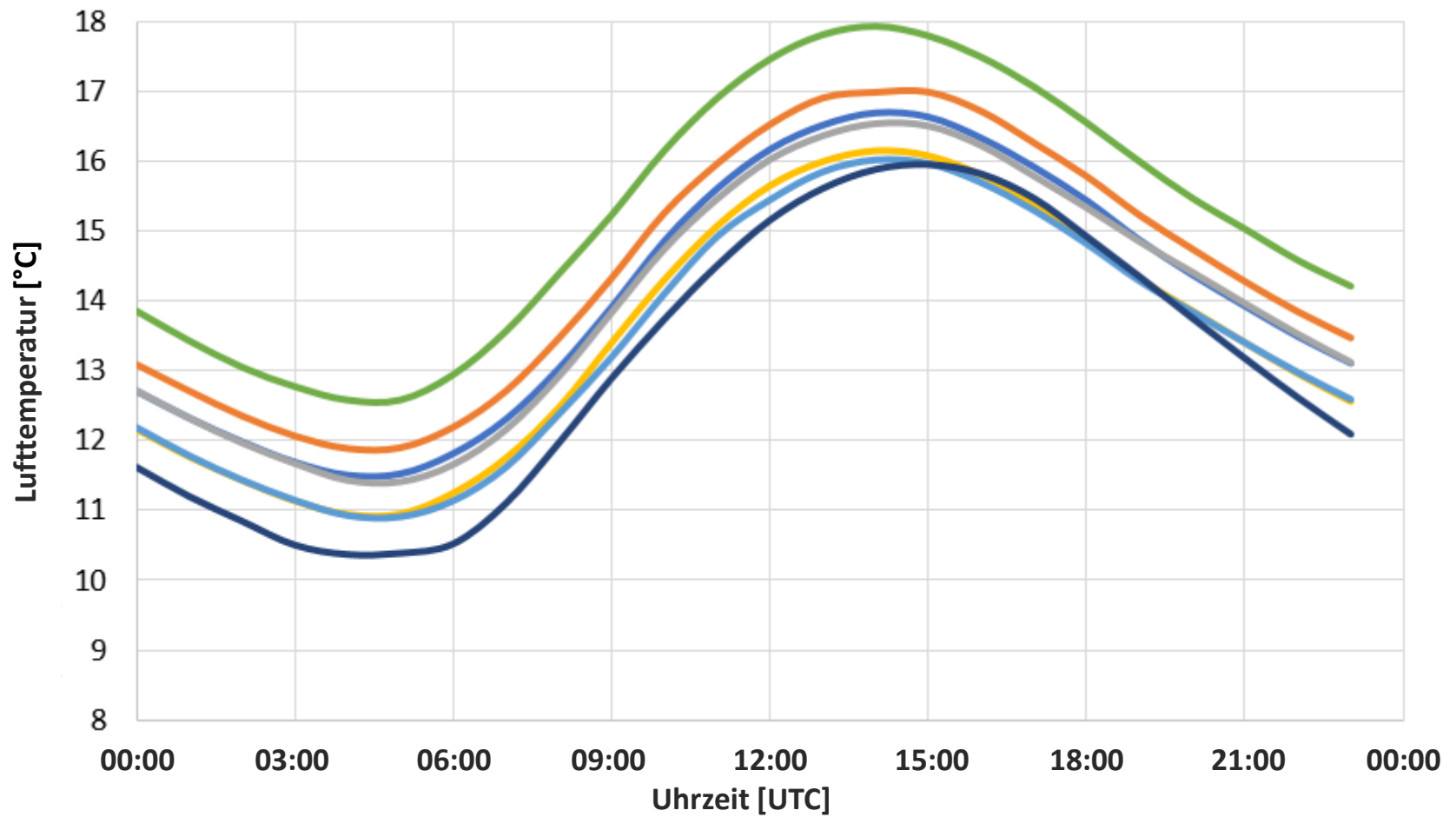
**anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH**  
**[www.anemos.de](http://www.anemos.de)**



# 2. Meteorologische Bedingungen







— WEA 1 — WEA 2 — WEA 3 — WEA 4 — WEA 5 — WEA 6 — D-3km.M2

- Nächtliche Schalldrosselung
- Abschaltungen der WEA zum Schutz der Avifauna
  - Restriktionsbedingungen vergleichbar mit Fledermausschutz
- Abschaltungen der WEA zur Einhaltung von Schattenwurf-Grenzwerten
- Sektormanagement zur Verminderung mechanischer Lasten
- Abhängigkeiten können berücksichtigt werden

## 4. Weitere Schwierigkeiten

- Andere Schallmodi in Betrieb umgesetzt → aufgrund der Abhängigkeit der Verluste ergeben sich andere Fledermausverluste
- Mahdverlust wird basierend auf statistischen Annahmen bestimmt

***Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit !***

**anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH**  
**[www.anemos.de](http://www.anemos.de)**