

Nichtlineare Autoregressive Netzwerke am Beispiel der Langzeitüberwachung einer OWEA aus Alpha Ventus

Tanja Griebmann, Nikolai Penner und Raimund Rolfes

RAVE Workshop 2020, 23.01.2020

Überblick

- **Einleitung**
- Holistisches SHM-Schema
- NAR-Modell: Aufbau, Parameter, Variablen
- OWEA aus alpha ventus
- Vergleich der Zustandsparameter

Einleitung

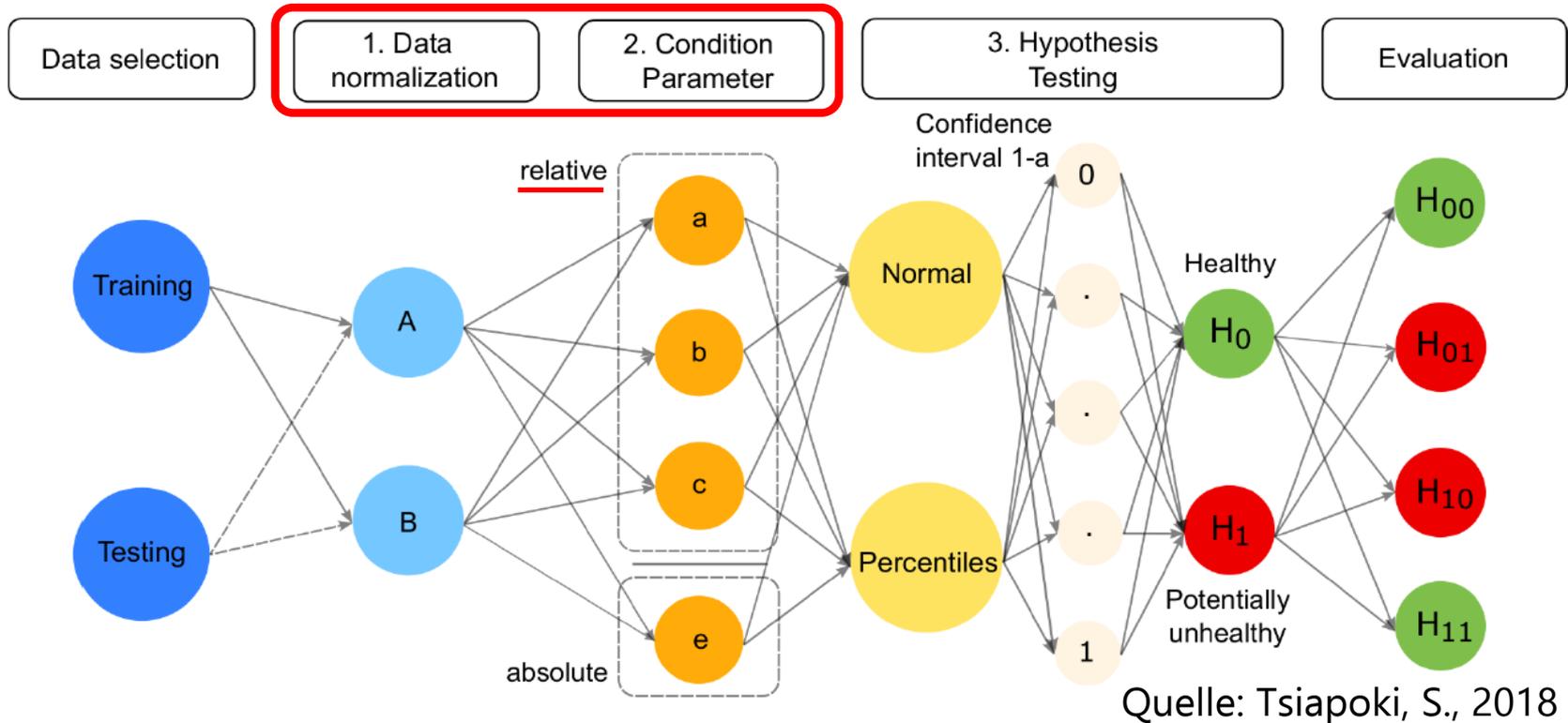
- Wieso „Nichtlineare Autoregressive Netzwerke“?
 - **Nichtlinearitäten** können vom Modell abgebildet werden. Wichtig bei Regelung, großen Verformungen und Boden-Bauwerk-Interaktion.
 - **Unterschiedliche Messungen** können durch das Modell verbunden werden: Beschleunigung, Windgeschwindigkeit, Rotordrehzahl, Pitchwinkel, Azimut
 - **Zeitliche Abhängigkeiten** können durch Autoregression abgebildet werden: Überlagerte Eigenfrequenzen, Hysterese, Phasenverschiebung, Anregung-Antwort-Beziehung, Prognose
 - Residuen können als **Zustandsparameter** in der Schadensfrüherkennung eingesetzt werden.
 - Modell benötigt **keine Strukturinformationen**.
 - **Automatisierte Modellanpassung** durch Maschinelles Lernen.

Überblick

- Einleitung
- **Holistisches SHM-Schema**
- NAR-Modell: Aufbau, Parameter, Variablen
- Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus
- Vergleich der Zustandsparameter

Holistisches SHM-Schema

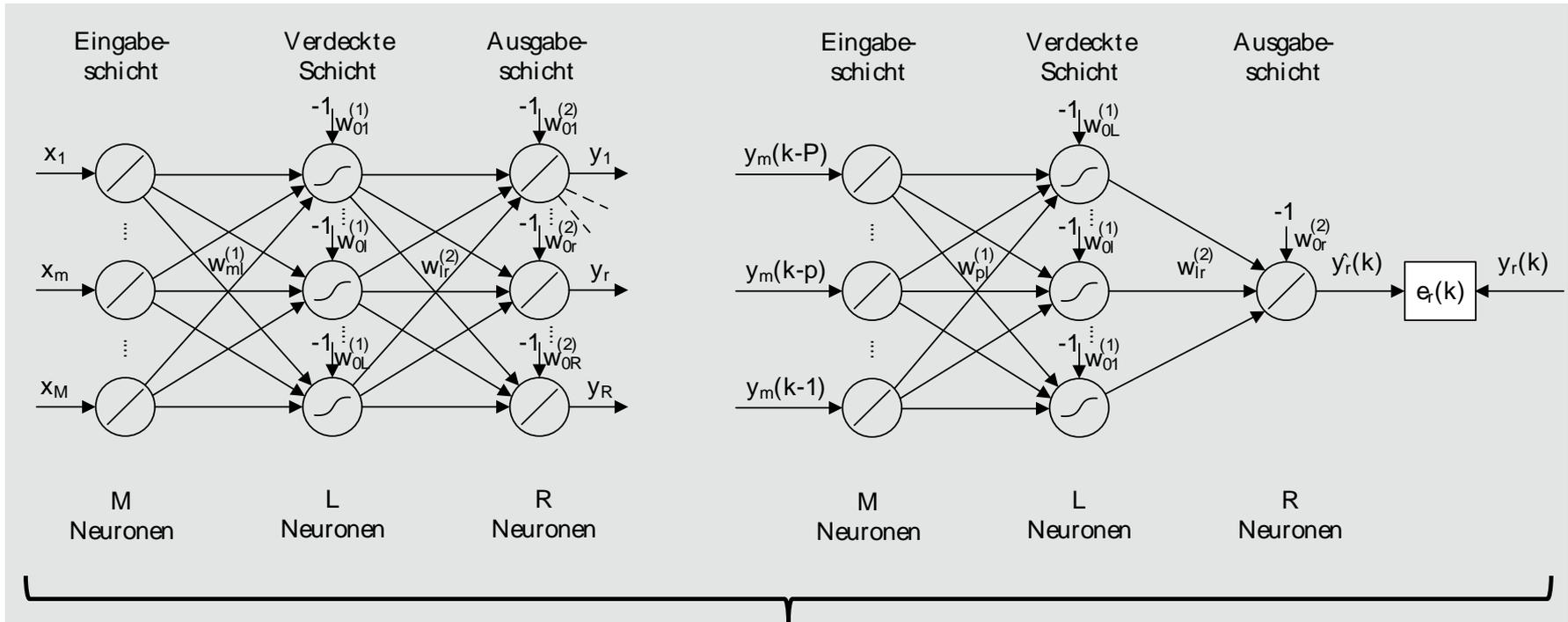
Berücksichtigung von EOCs
& neuer Zustandsparameter



Überblick

- Einleitung
- Holistisches SHM-Schema
- **NAR-Modell: Aufbau, Parameter, Variablen**
- Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus
- Vergleich der Zustandsparameter

NAR-Modell: Aufbau, Parameter, Variablen



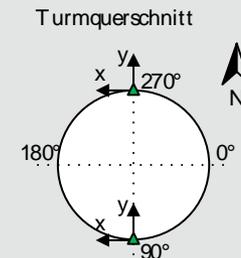
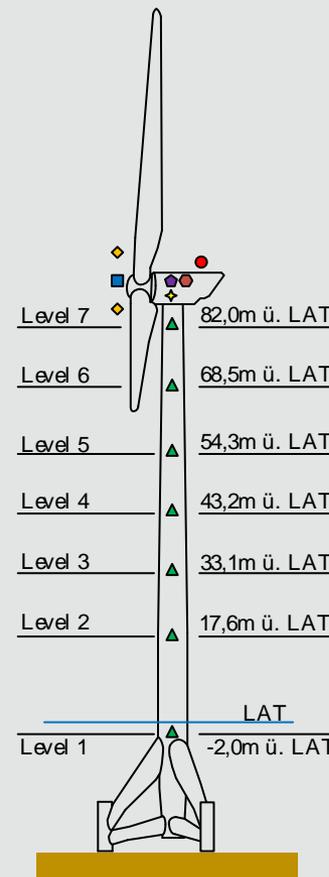
- Kombination von mehrschichtigen Perzeptren mit nichtlinearen autoregressiven Modellen
- Prognosefähigkeit

Überblick

- Einleitung
- Holistisches SHM-Schema
- NAR-Modell: Aufbau, Parameter, Variablen
- **Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus**
- Vergleich der Zustandsparameter

Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus

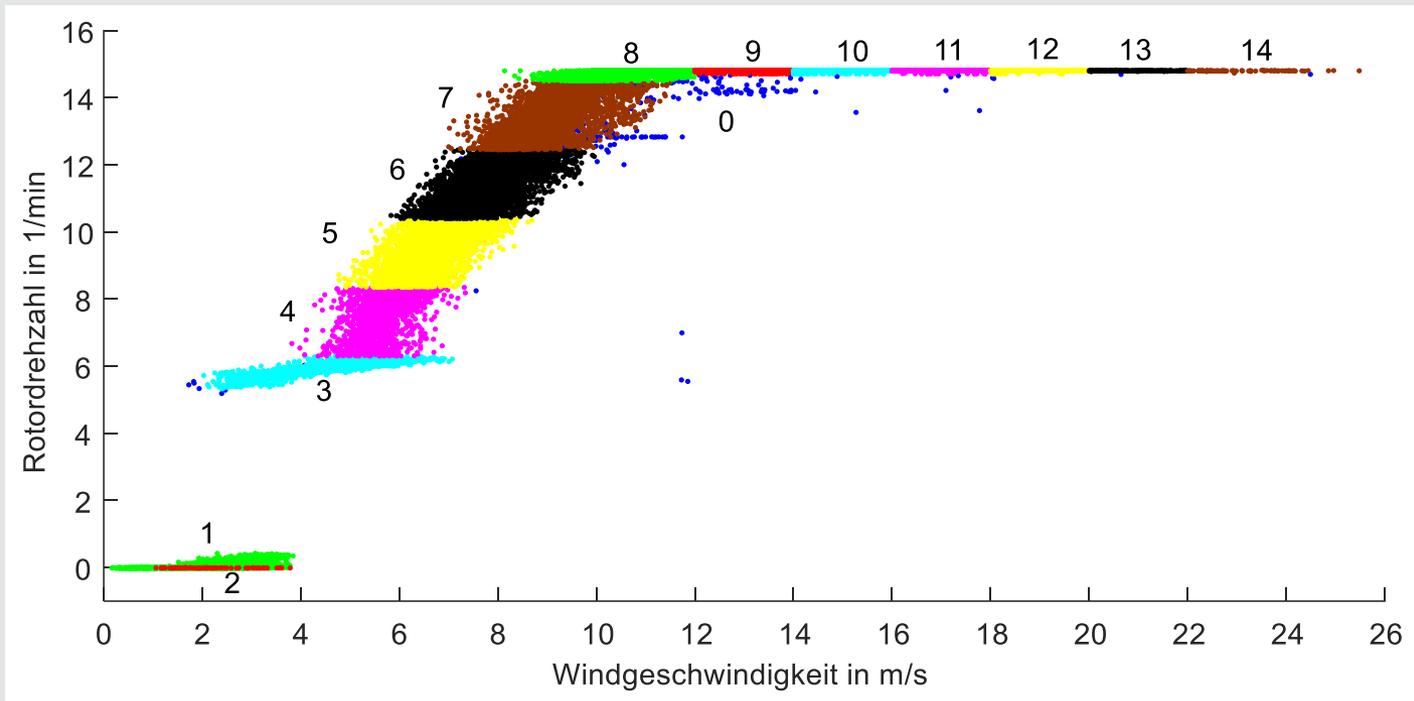
Anlage und Sensorik



- ▲ Beschleunigung
- Windgeschwindigkeit
- Rotordrehzahl
- ◆ Generatordrehzahl
- Elektrische Leistung
- ◆ Pitchwinkel
- ◆ Azimut

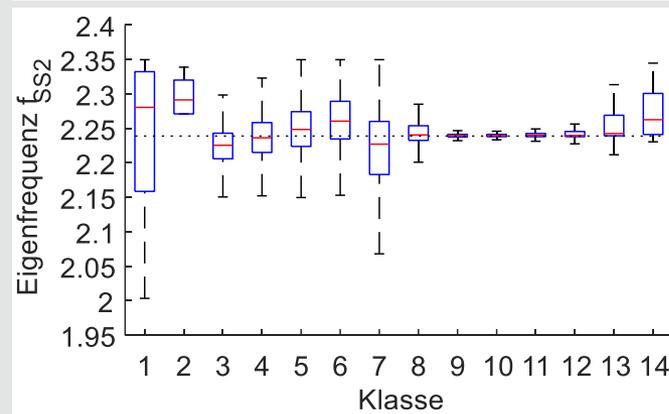
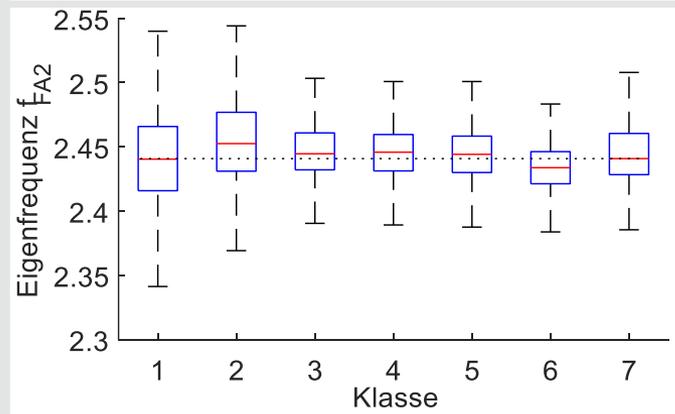
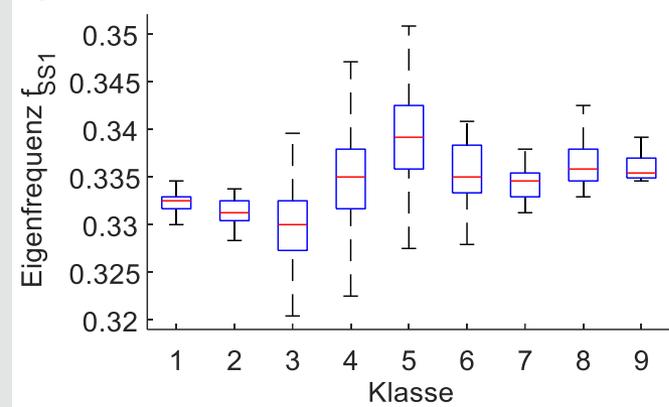
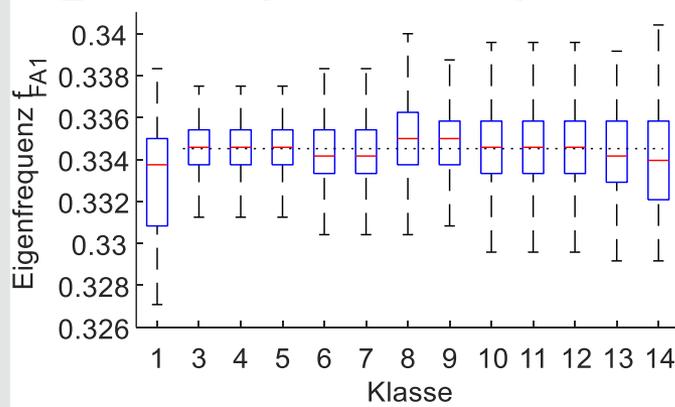
Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus

- EOC-Klassen (Datennormierung)
- 36.086 10-Minuten-Datensätze im Jahr 2011



Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus

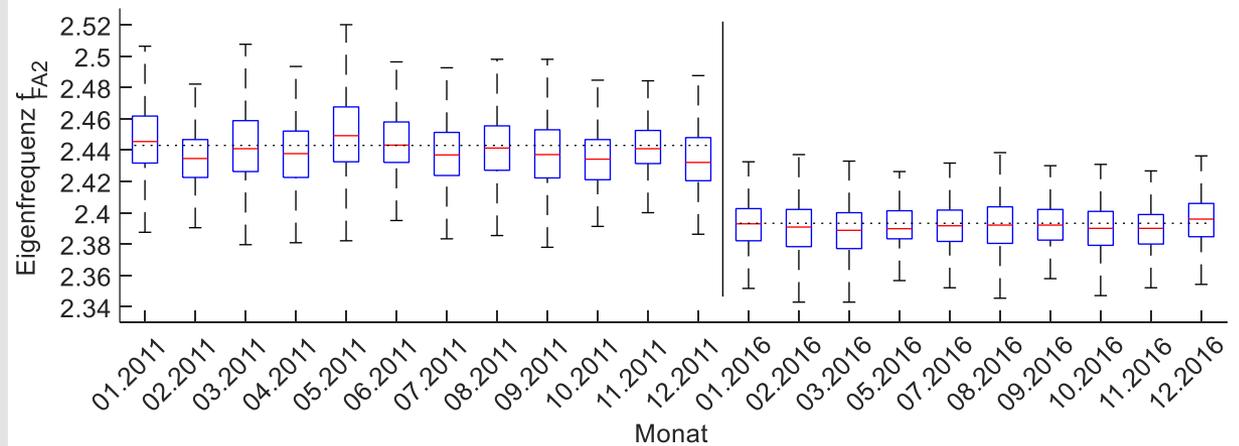
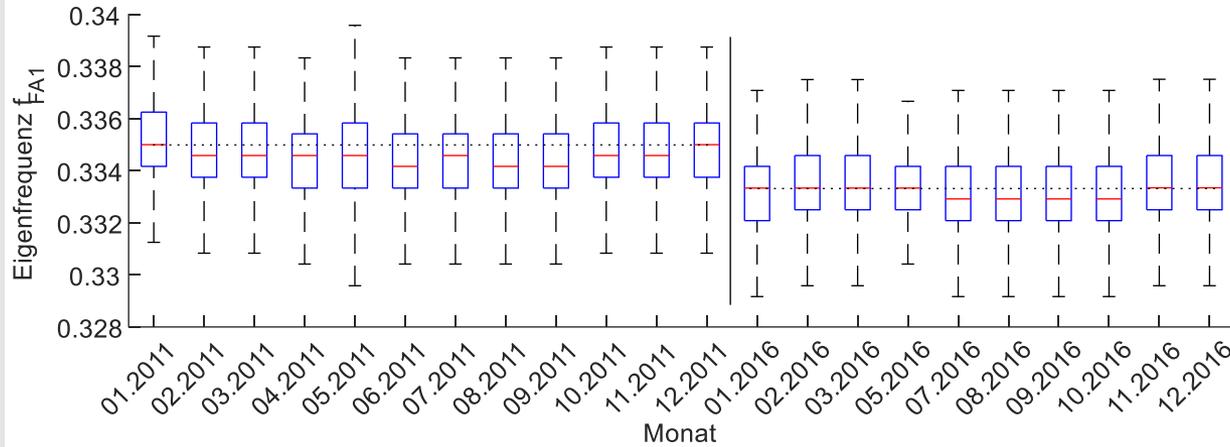
■ Eigenfrequenzen (statistisch)



Überblick

- Einleitung
- Holistisches SHM-Schema
- NAR-Modell: Aufbau, Parameter, Variablen
- Langzeitüberwachung der OWEA aus alpha ventus
- **Vergleich der Zustandsparameter**

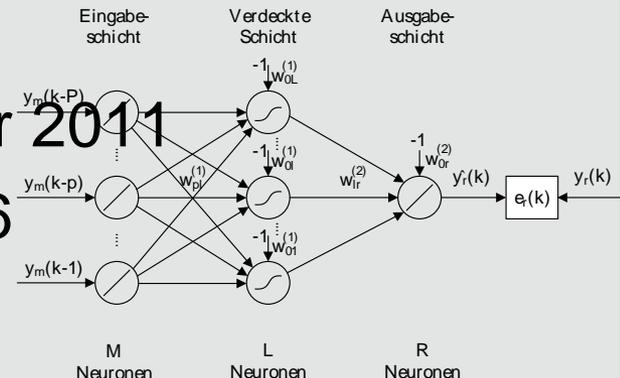
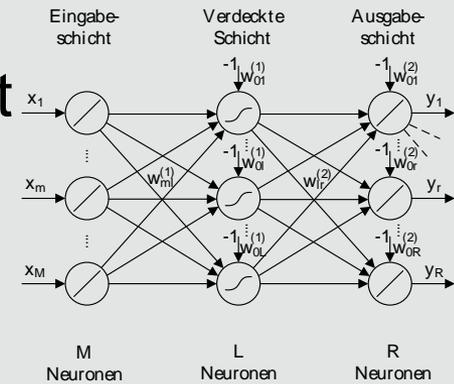
Vergleich der Zustandsparameter



Vergleich der Zustandsparameter

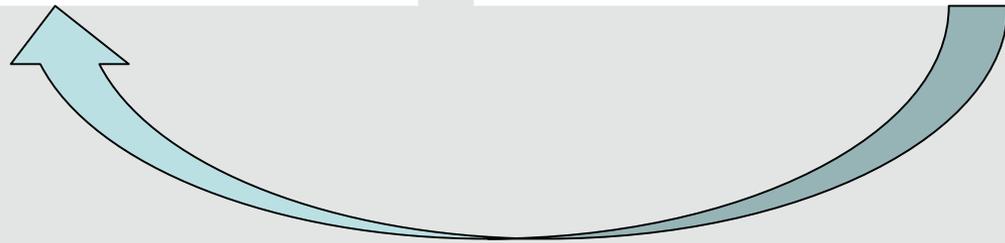
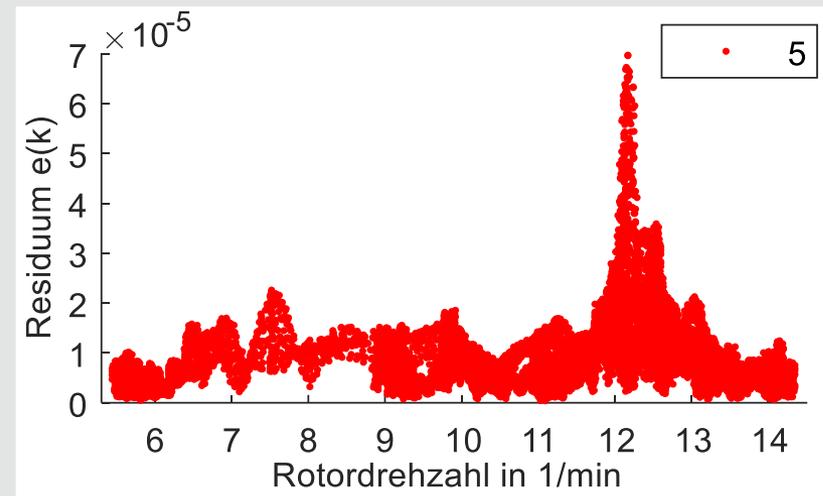
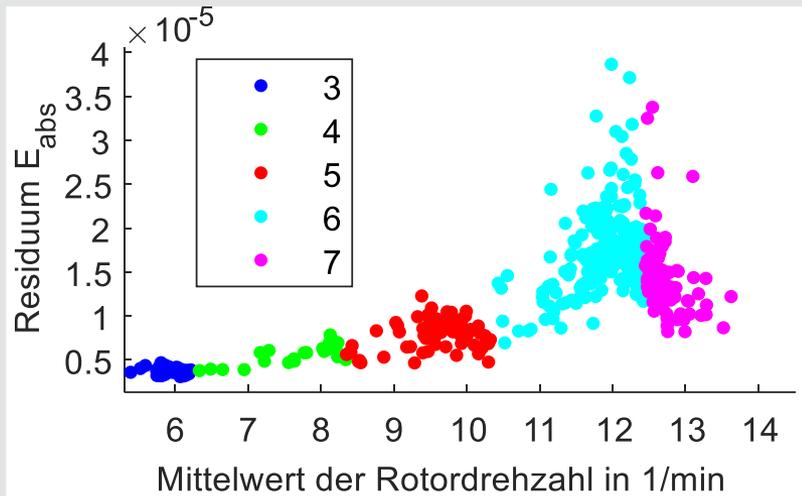
NAR-Modell 1

- 5 Neuronen in der verdeckten Schicht
- 30 Verzögerungen
- Tanh-Aktivierungsfunktionen
- Turmbeschleunigungen als Eingang
- Datenreduktion auf Frequenzbereich der zweiten Eigenfrequenz
- Anlernen mit Datensätzen aus Januar 2011
- Testen von Daten aus 2011 und 2016



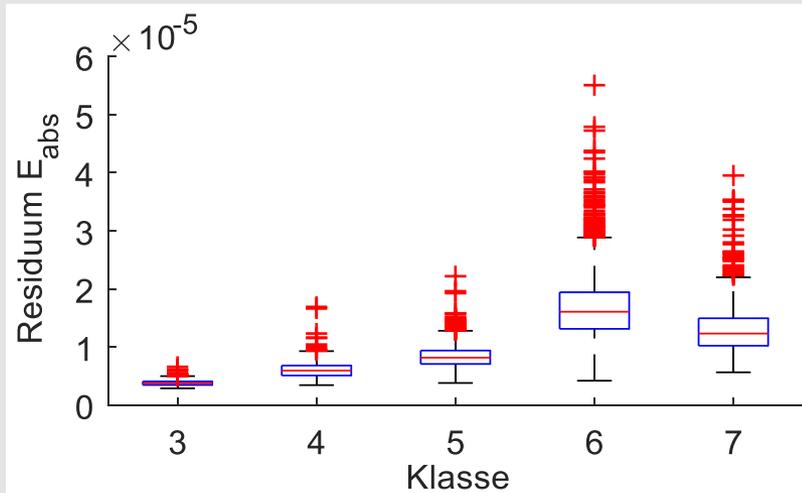
Vergleich der Zustandsparameter

Resonanzeffekte durch 12P-Frequenz

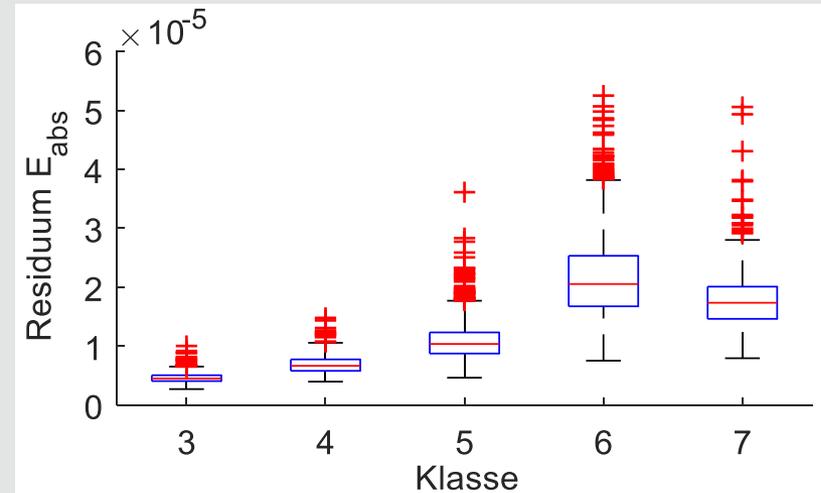


Vergleich der Zustandsparameter

Ergebnisse Modell 1



Jahr 2011



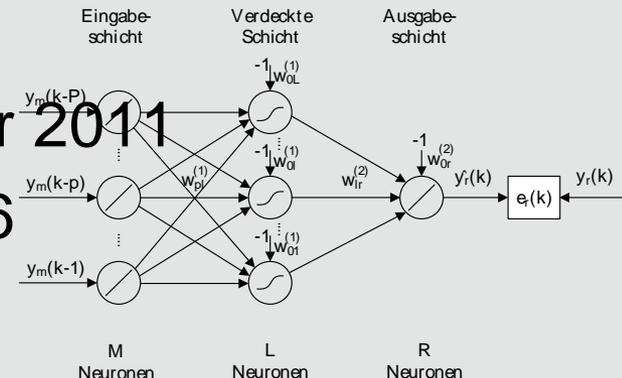
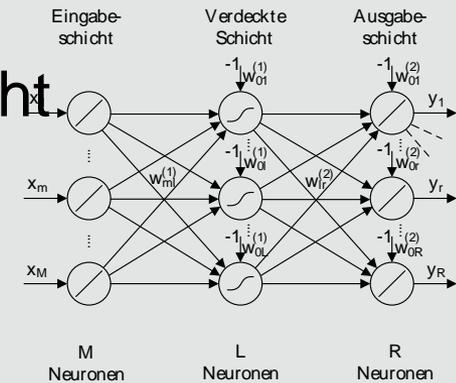
Jahr 2016

Zunahme der Residuen (Median) um 12 % bis 41 %

Vergleich der Zustandsparameter

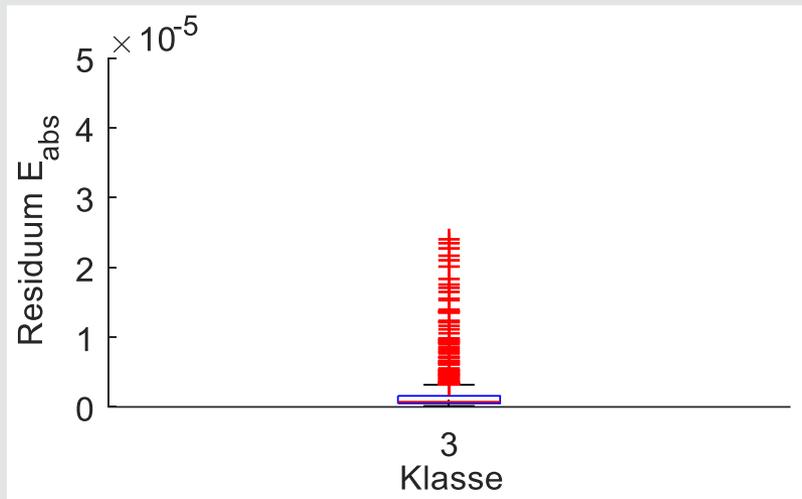
NAR-Modell

- 10 Neuronen in der verdeckten Schicht
- 30 Verzögerungen
- Tanh-Aktivierungsfunktionen
- Turmbeschleunigungen als Eingang
- Datenreduktion auf Frequenzbereich der zweiten Eigenfrequenz
- Anlernen mit Datensätzen aus Januar 2011
- Testen von Daten aus 2011 und 2016
- **Fokussierung auf Klasse 3**

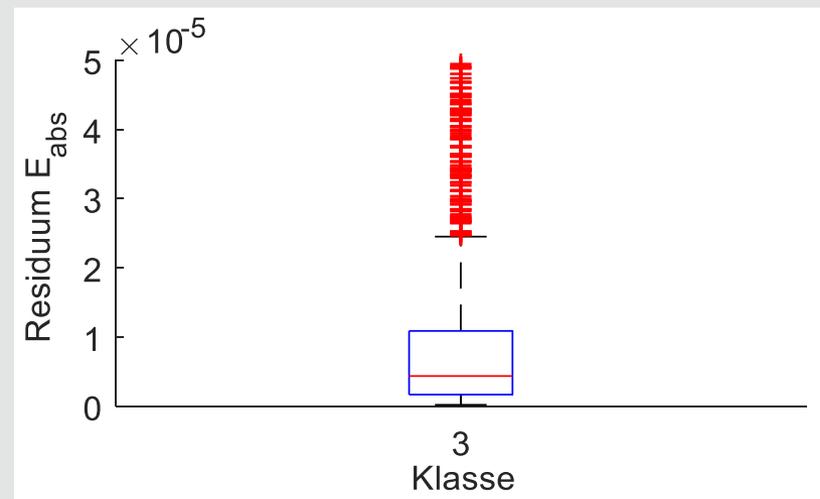


Vergleich der Zustandsparameter

Ergebnisse Modell 2



Jahr 2011



Jahr 2016

- Zunahme der Residuen (Median) um 389 %
- Klasse 3 weist eine höhere Stationarität auf
- Resonanzeffekte können durch das Modell nicht genau prognostiziert werden

Ende

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

