

LEA KOCH

# STOCHASTISCHE MODELLIERUNG DES STROM- MARKTES UND QUANTIFIZIERUNG DER ERZIELBAREN ERLÖSE EINES BIVALENTEN TIEGELOFENS

## EINLEITUNG

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müssen erneuerbare Energien in den kommenden Jahren massiv ausgebaut werden. Erneuerbare Energien, vor allem Photovoltaik und Windkraft, haben jedoch den Nachteil, dass sie im Tages- und Jahresverlauf schwanken. Eine Möglichkeit dies zu begegnen ist den Stromverbrauch der Stromerzeugung anzupassen. Die energieintensive Industrie kann hierfür einen wesentlichen Beitrag leisten. Damit sich die Umstellung wirtschaftlich lohnt, haben sie die Möglichkeit, ihre Flexibilität unter anderem auf dem Regelleistungsmarkt anzubieten. Mit Hilfe dieser Arbeit wurden insbesondere dieser Markt stochastisch modelliert, damit zukünftige Anbieter eines bivalent betriebenen Tiegelofens die jährlichen Erlöse unter Betrachtung verschiedener Zeiträume besser abgeschätzt können.

## METHODE

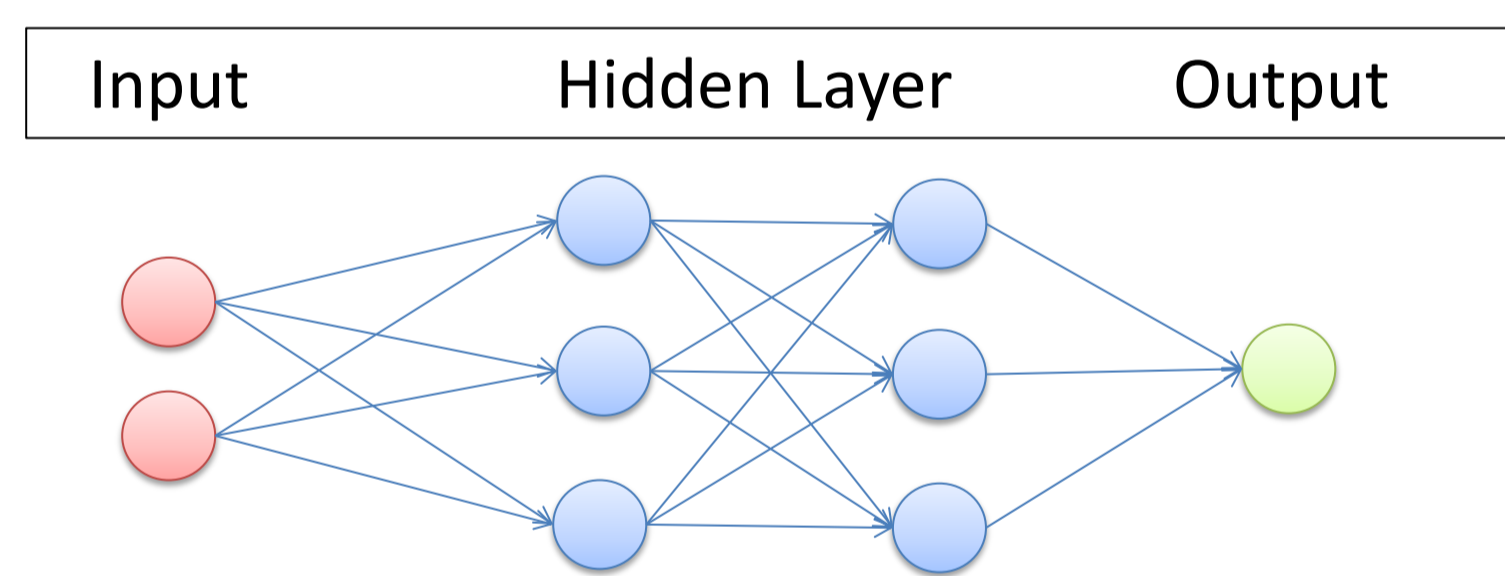
Folgende Daten wurden für den Zeitraum von 12.07.2018 bis 31.12.2021 von [www.smar.de](http://www.smar.de) heruntergeladen und analysiert:

- Mittlere positive und negative Arbeits- und Leistungspreise der Sekundär- und Minutenreserveleistung
- Vorgehaltene und abgerufene Menge an Regelleistung
- Stromverbrauch (Gesamt + Residuallast)
- Stromerzeugung (konv. + Erneuerbare Energien)

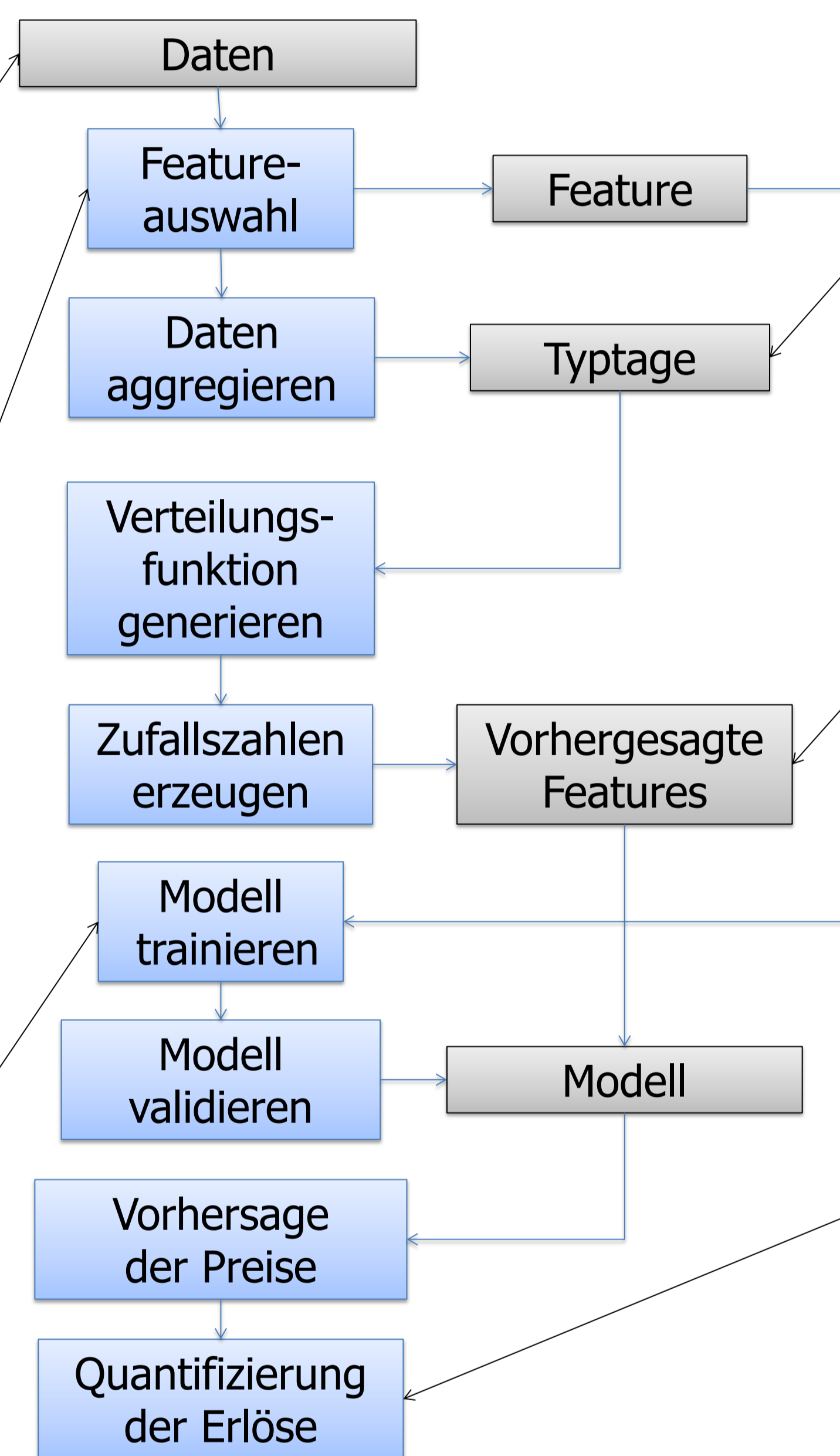
Um die für die Modellierung der Preise die wichtigsten Feature festzustellen, wurden folgende Methoden verwendet: Preisanalyse, Korrelationskoeffizienten und Literaturrecherche. Folgende Einflussparameter konnten dadurch identifiziert werden:

- Alle mittleren Arbeits- und Leistungspreise der SRL und MRL
- Vorgehaltene und abgerufene Menge an Regelleistung
- Residuallast
- Wochentag
- Monat
- Zeitscheibe

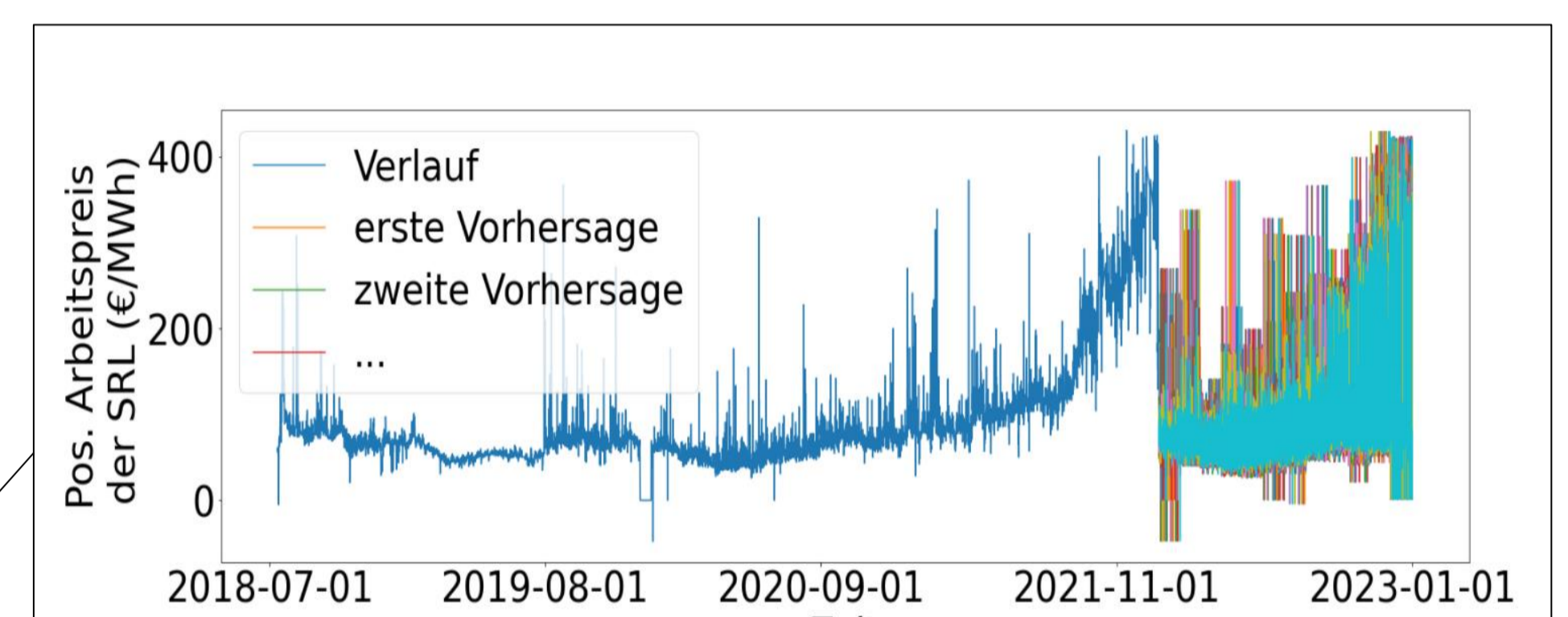
Methode: künstliches neuronales Netz



Auswahl der Netztopologie durch AutoKeras  
Festgelegtes Qualitätsmaß: mittlere absolute Fehler (MAE)



Zusammensetzung der Typtage aus den betrachteten Jahren, den Monaten innerhalb der Jahre, sowie Unterscheidung in Werktag und Wochenendtage



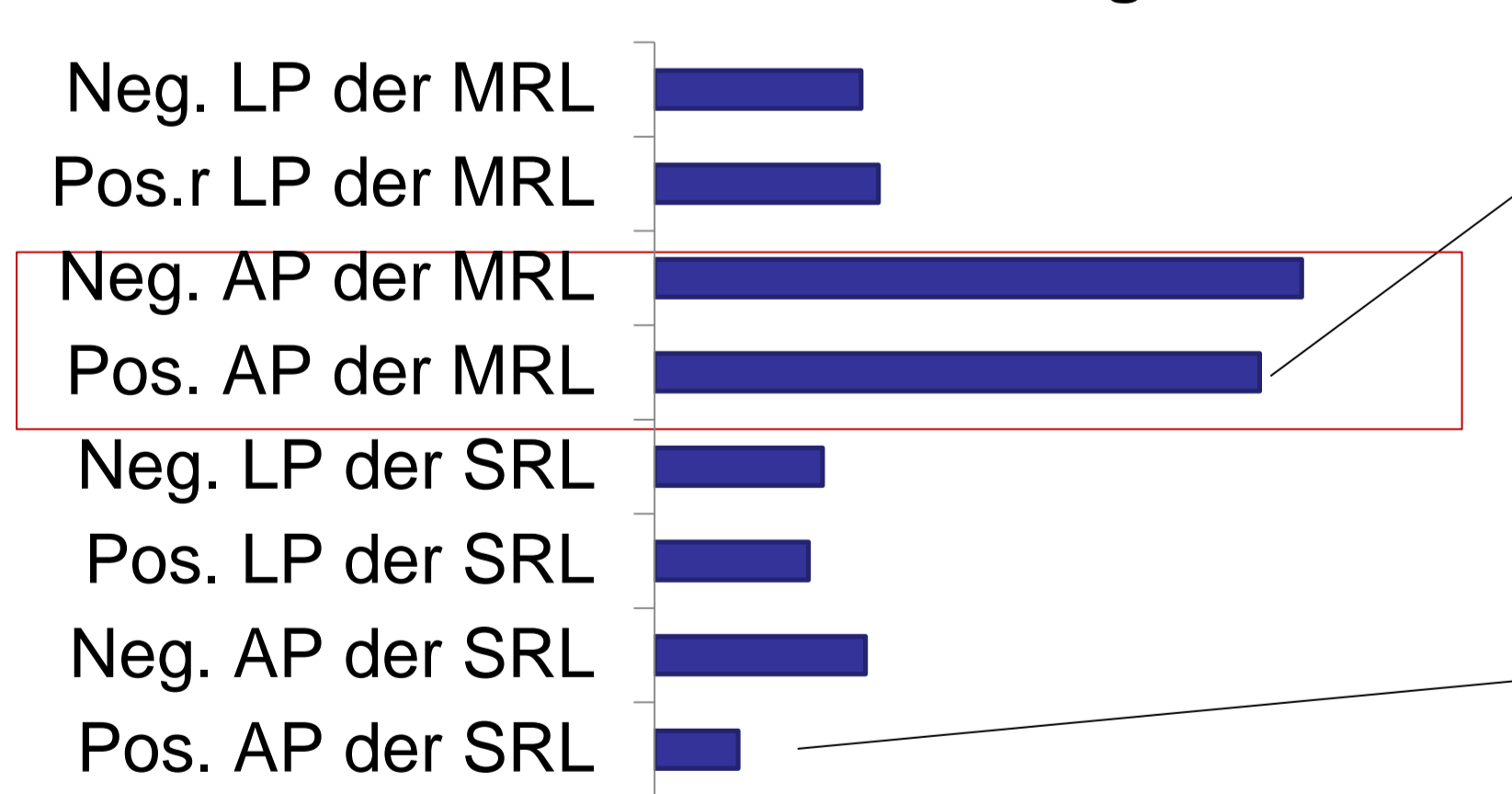
- Große Schwankungen innerhalb der vorhergesagten Features

Für die Quantifizierung des Tiegelofens sind neben den verschiedenen Preisen, die am Regelleistungsmarkt erzielt werden können, folgende Informationen nötig:

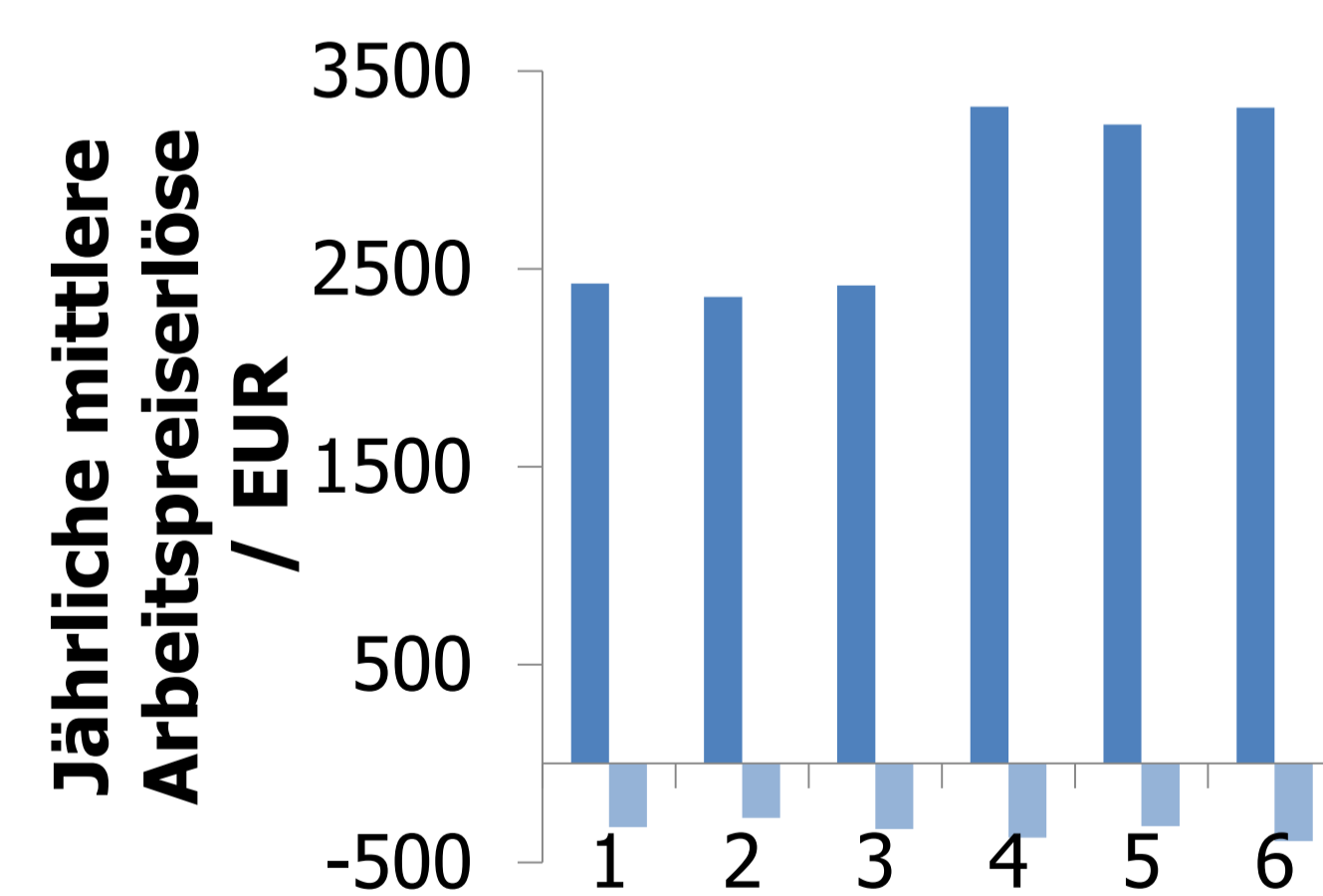
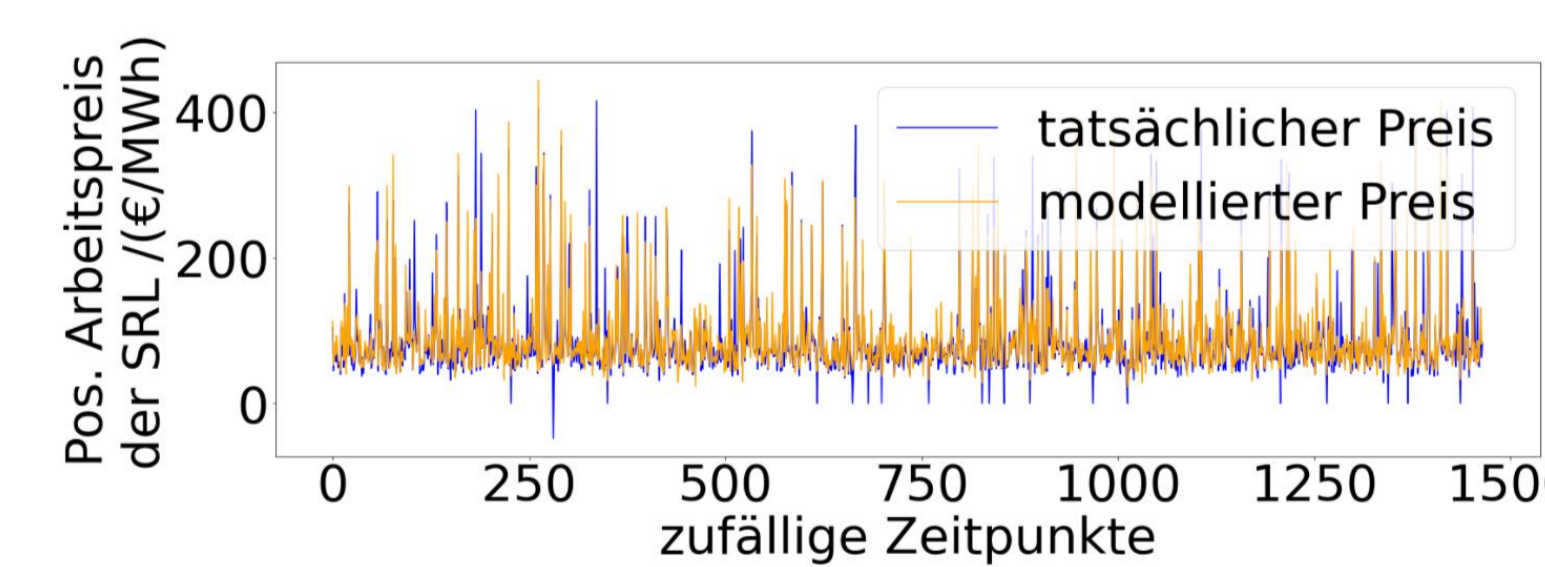
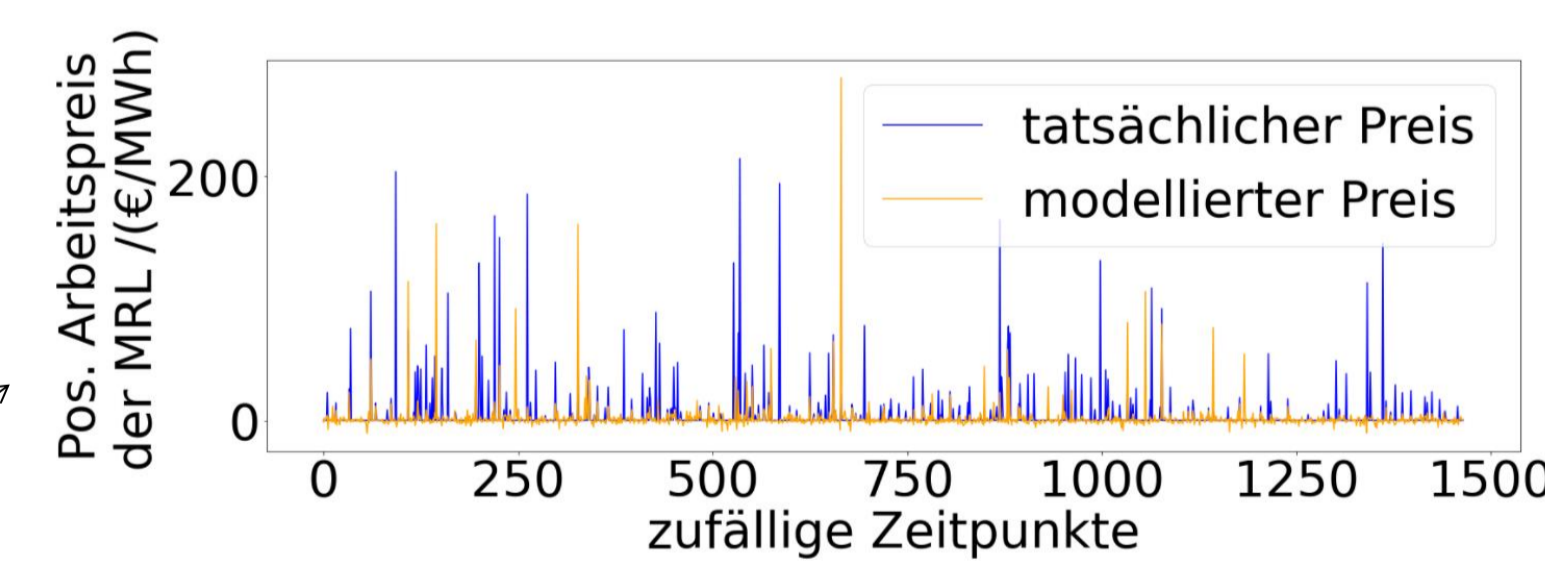
- Durch den Tiegelofen bereitgestellte Leistung: 23 kW
- Zeitraum, in dem der Tiegelofen Regelleistung anbieten kann: insg. 16 Stunden/Tag
- Mittlere Abrufdauer: 1 Stunde

## ERGEBNISSE

### Prozentuale Abweichung

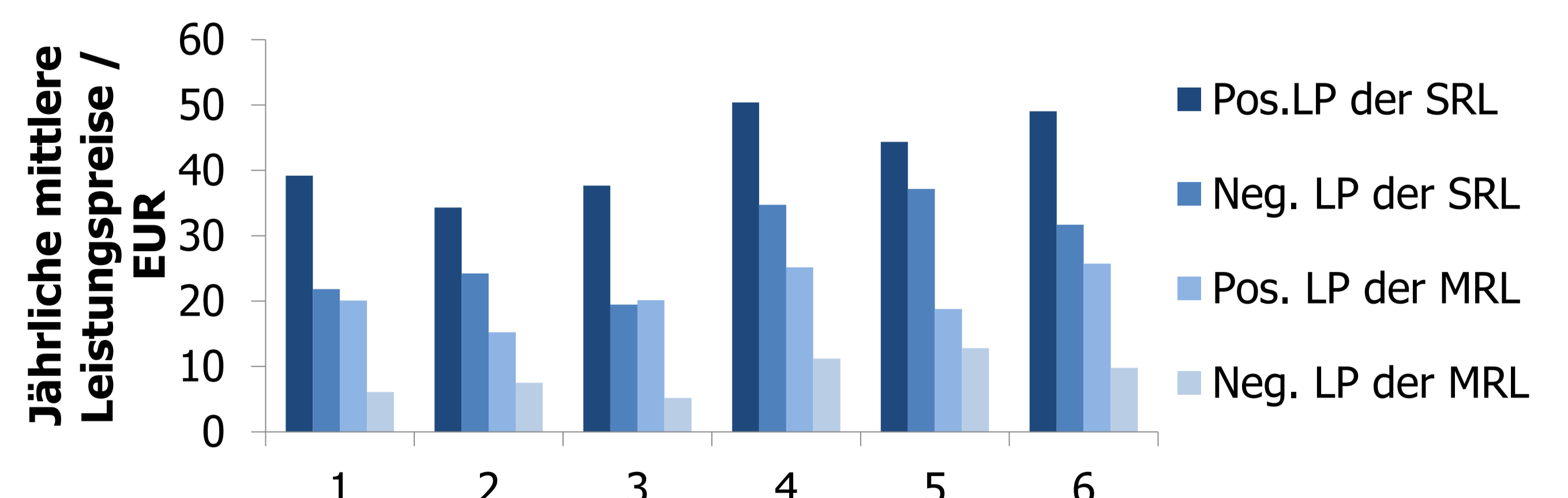


- Je nach Preis unterschiedlich hohe Abweichungen
- sehr hohe Abweichungen v.a. bei AP der MRL → daher keine verlässliche Vorhersage dieser zwei Preise möglich



### Übersicht Szenarien:

- 1 = 4-20 Uhr, ohne WE
- 2 = 0-16 Uhr, ohne WE
- 3 = 8-24 Uhr, ohne WE
- 4 = 4-20 Uhr, mit WE
- 5 = 0-16 Uhr, mit WE
- 6 = 8-24 Uhr, mit WE



## FAZIT

Es konnten bis auf die Arbeitspreise der MRL alle Erlöse der verschiedenen Preise und für verschiedene Zeiträume quantifiziert werden. Aus den modellierten Preisen gehen verschiedene Unsicherheitsfaktoren hervor (z. Bsp. die Volatilität der Preise, keine Berücksichtigung eines Trends, die fehlenden Daten von Einflussfaktoren und die zukünftig ändernden Rahmenbedingungen). Die auf dieser Grundlage berechneten Erlöse dienen daher den Anbietern eines bivalent betriebenen Tiegelofens nur dazu, die Höhe eines solchen bivalent betriebenen Tiegelofens ungefähr abzuschätzen.