



Hochschule für  
Technik und Wirtschaft  
Dresden  
University of Applied Sciences

Forschungs- und  
Entwicklungsseminar  
Sommersemester 2021

# Machine Learning in der sich selbst organisierenden Produktion

Semester 2

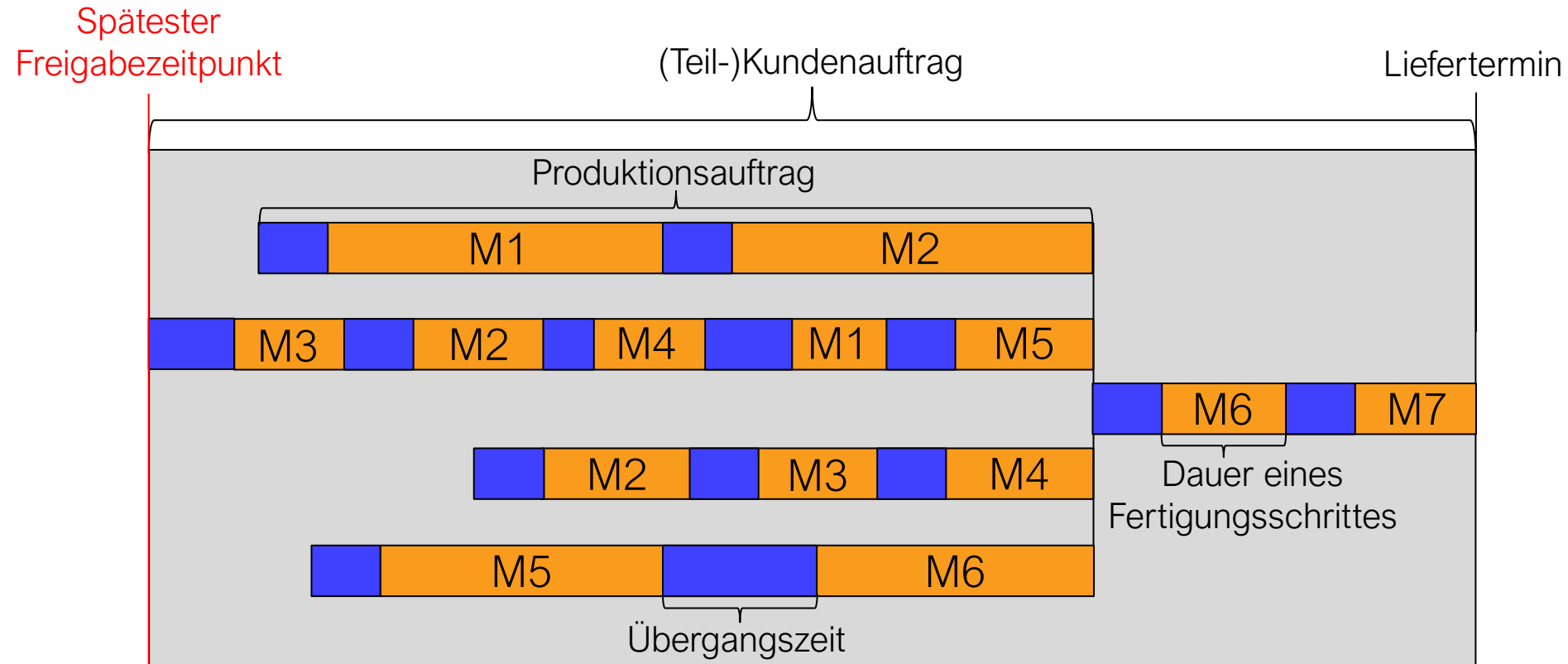
**Referenten:** Max Weickert  
Max Schwerdtner

**Datum:** 21.06.2021

1. Erläuterung der Problemstellung
2. Methode zur Vorhersage des optimalen Freigabezeitpunktes
3. Anwendung von Machine Learning in der sich selbst organisierenden Produktion
4. Kennzahlenvergleich nach Anwendung von Machine Learning
5. Alternativer Ansatz zur Optimierung der Produktionsplanung
6. Zusammenfassung und Ausblick

# 1. Erläuterung der Problemstellung

# 1. Erläuterung der Problemstellung



## Problemstellung

Ein flexibles ML-Modell für  
die Terminierung beliebiger  
Produkte

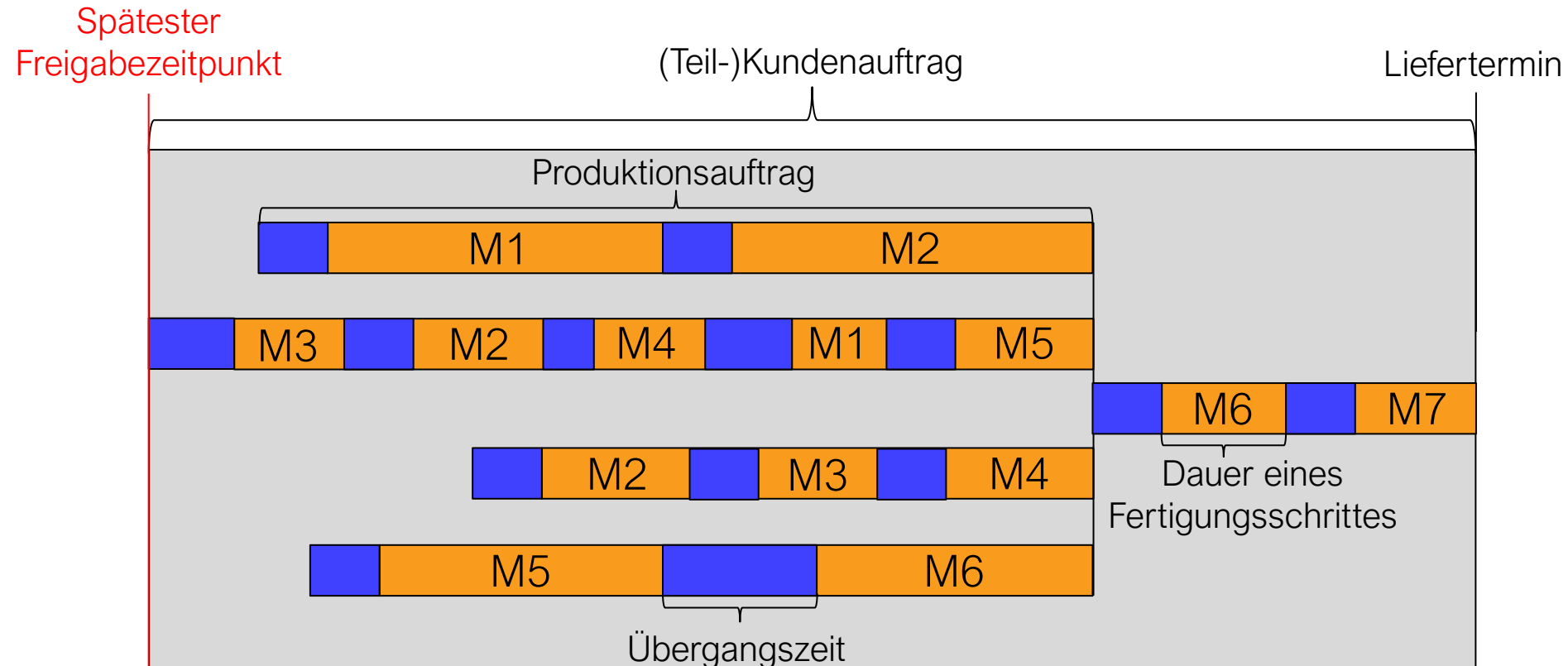


- Verringerung der Lagerkosten
- Verringerung der Systemlast
- Verbesserung der Pünktlichkeit

## 2. Methode zur Vorhersage des optimalen Freigabezeitpunkts

## 2. Methode zur Vorhersage des optimalen Freigabezeitpunkts

### Vorhersage der Durchlaufzeit für Kundenaufträge



→ Vorhersage der Durchlaufzeit eines **Kundenauftrags**  
und Abzug dieser vom Liefertermin

## 2. Methode zur Vorhersage des optimalen Freigabezeitpunkts

### Vorhersage der Durchlaufzeit für Kundenaufträge

Beschreibung eines Kundenauftrags anhand von **Produkteigenschaften**

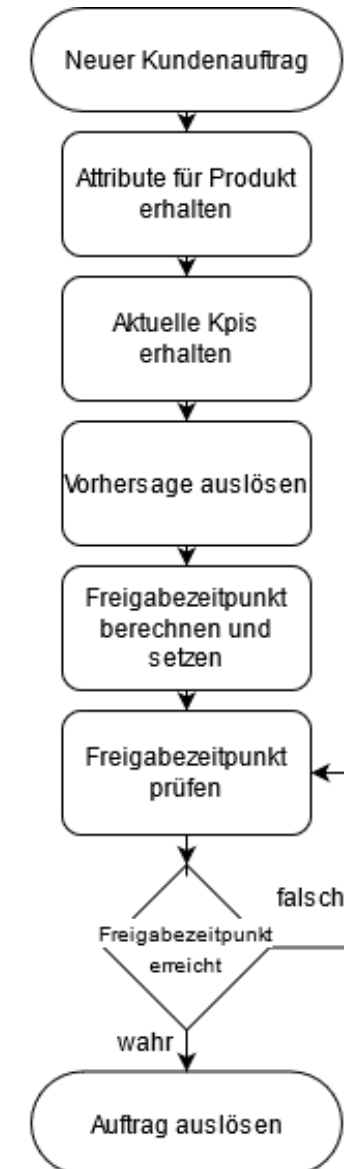
#### Produkteigenschaften

- Summe der Durchlaufzeit aller Teilprodukte
- Summe der Operationen
- Summe der Produktionsaufträge

Beschreibung der Produktion anhand von **aktuellen Systemparametern**

#### Systemparameter

- Lagerbestand
- Auftragsbestand
- Auslastung aller Maschinen





### 3. Anwendung von Machine Learning in der sich selbst organisierenden Produktion

### 3. Anwendung von Machine Learning in der SSOP

#### Trainingsdatengenerierung

##### Produkteigenschaften

- Summe der Durchlaufzeit aller Teilprodukte
- Summe der Operationen
- Summe der Produktionsaufträge



##### Systemparameter

- Lagerbestand
- Auftragsbestand
- Auslastung aller Maschinen



##### Reale Durchlaufzeit des Auftrags

Kundenauftrag

**Herausforderung:** Produkte sind erst bei Eintritt in Produktion bekannt

- Trainieren möglichst vieler verschiedener Produktstrukturen
- Verwendung eines Produktgenerators zur Erzeugung ähnlicher Produkte

## Machine Learning Bibliotheken

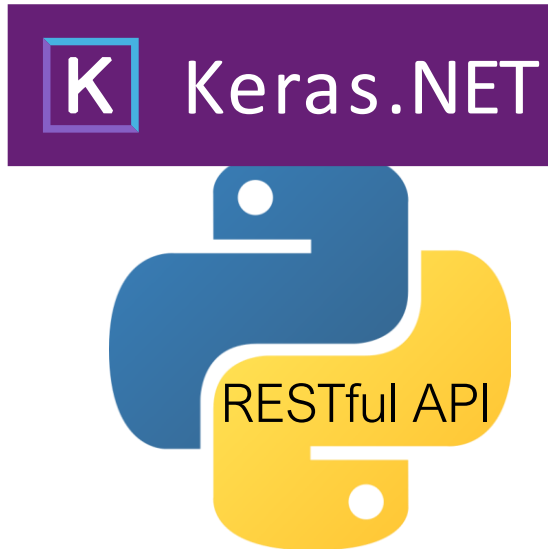


- Automatisches Trainieren und Evaluieren des besten Regressionsmodells



- Python ML-Bibliothek für Deep Learning

## Vorhersage mittels Deep Learning in der SSOP

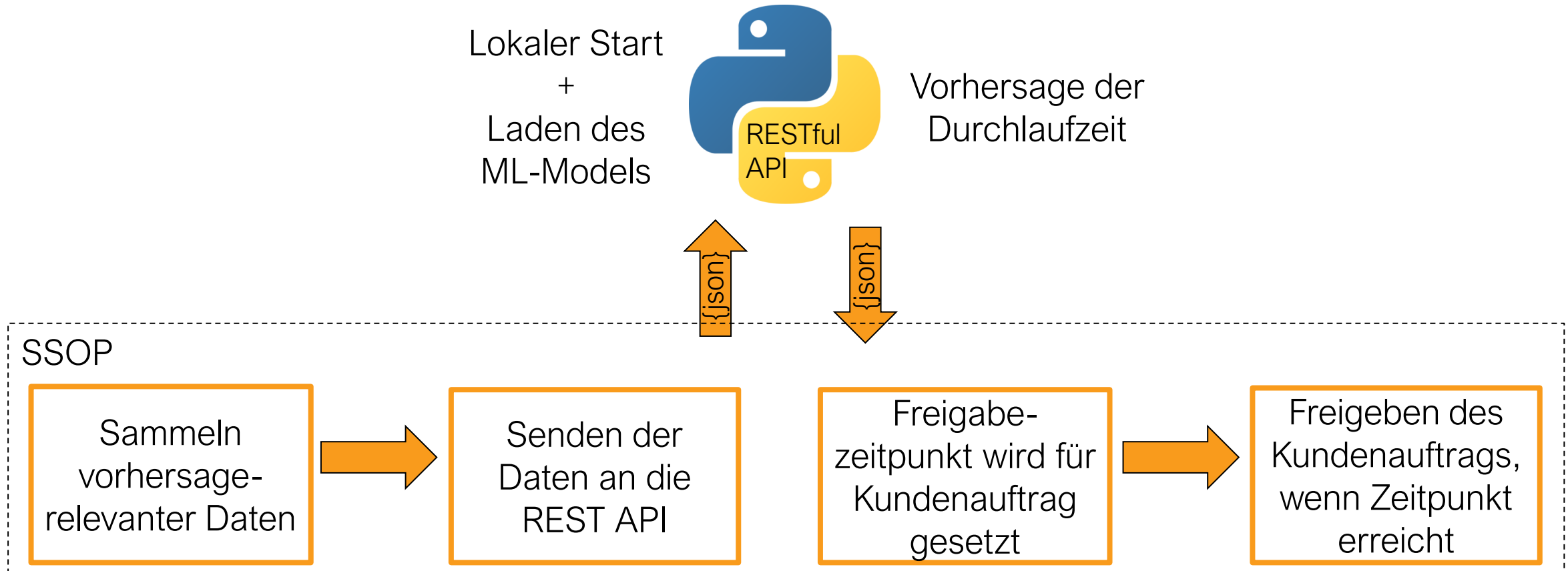


#### Vorteile

- Verwendung aktuellster ML Frameworks
- Umfangreiche Dokumentation
- Beständig und zuverlässig
- Läuffähig im Docker-Container

### 3. Anwendung von Machine Learning in der SSOP

#### Vorhersage mittels RESTful API



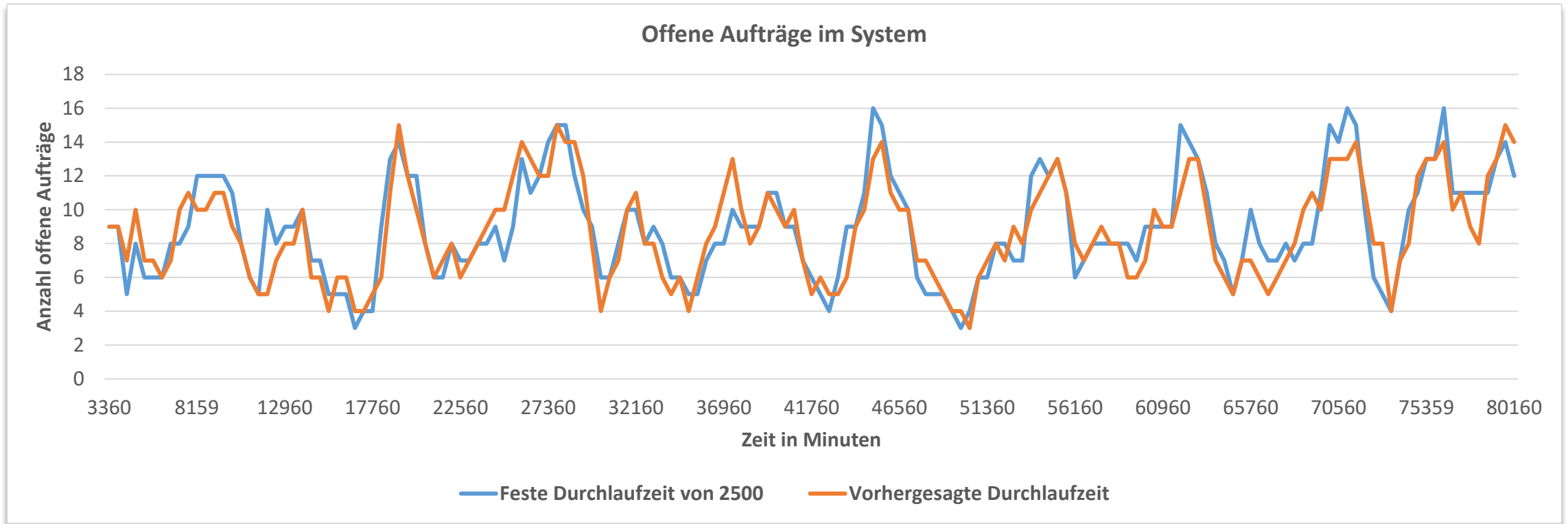
#### Vergleich AutoML und Deep Learning

	AutoML	Deep Learning
Einfachheit der Anwendung	<ul style="list-style-type: none"><li>- Einfach anwendbar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Entwicklung komplex</li><li>- zeitaufwendiges Experimentieren</li></ul>
Vorhersageleistung	<ul style="list-style-type: none"><li>- mittlere Abweichung von 10,4 %</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- mittlere Abweichung von 10,3 %</li></ul>
Gründe für unzureichende Vorhersageleistung	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ausschließlich Regression</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Parameter des Neuronalen Netzes</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Produkte wurden durch zu wenig Eigenschaften beschrieben</li><li>- Systemparameter werden nur alle acht Stunden erfasst</li><li>- Zu wenig Trainingsdaten für Möglichkeiten an Produkten</li></ul>	
Verbesserung der Vorhersageleistung		<ul style="list-style-type: none"><li>- Optimierung der Parameter des Neuronalen Netzes</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Produkte durch weitere Eigenschaften beschreiben</li><li>- Granularere Systemwerte verwenden</li><li>- Mehr Trainingsdaten erzeugen</li></ul>	

## 4. Kennzahlenvergleich nach Anwendung von Machine Learning

## 4. Kennzahlenvergleich nach Anwendung von Machine Learning

### Auslastung des Systems

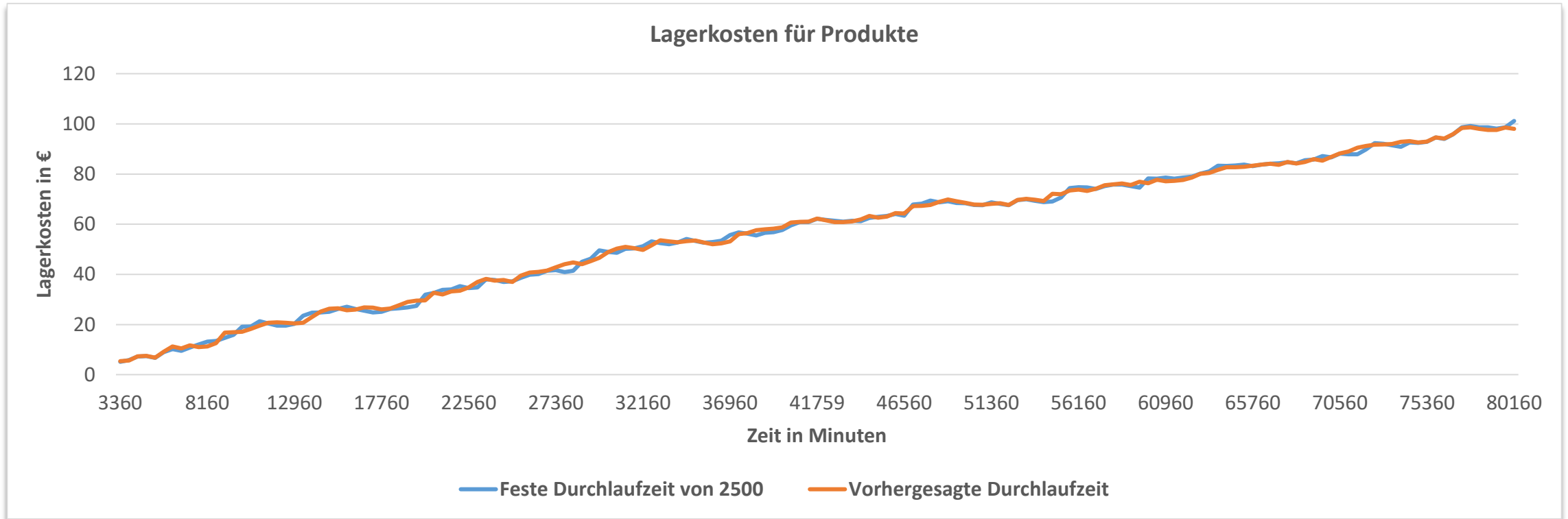


→ 1,7% weniger Last im System



## 4. Kennzahlenvergleich nach Anwendung von Machine Learning

### Lagerkosten für Produkte



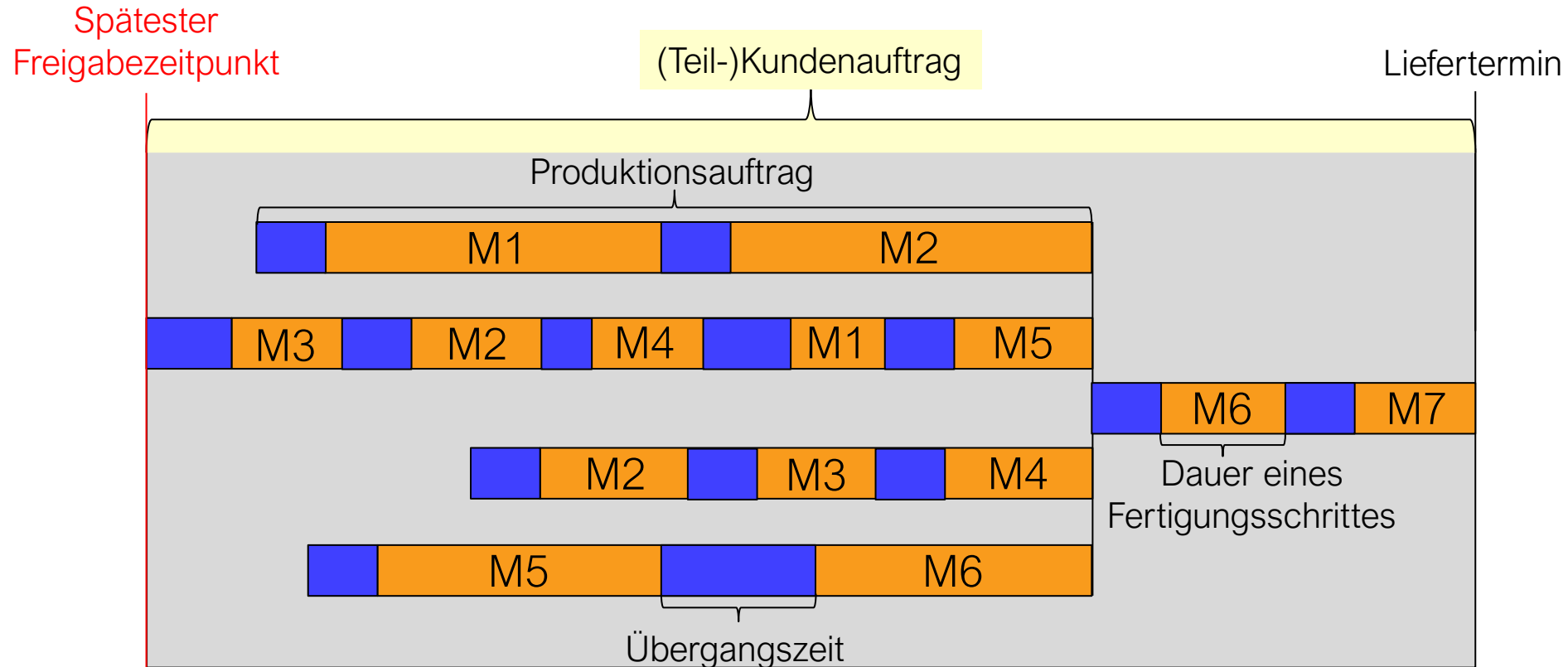
→ Keine Verbesserung oder Verschlechterung

### Schlussfolgerung

- Vorhersage der Durchlaufzeit eines Kundenauftrags eignet sich nur bedingt zur Optimierung der Produktionsperformance
  - Nur zu späte Freigabe eines Kundenauftrags ist problematisch
- Alternative Ansätze sollten in Betracht gezogen werden

## 5. Alternativer Ansatz zur Optimierung der Produktionsplanung

## 5. Alternativer Ansatz zur Optimierung der Produktionsplanung



→ Vorhersage der Dauer der **Übergangszeiten** vor Maschinen, Ermittlung der Durchlaufzeit eines Produktionsauftrags

## 5. Alternativer Ansatz zur Optimierung der Produktionsplanung

- Anhand Parameter der Maschine und Eigenschaften des Produktionsauftrags

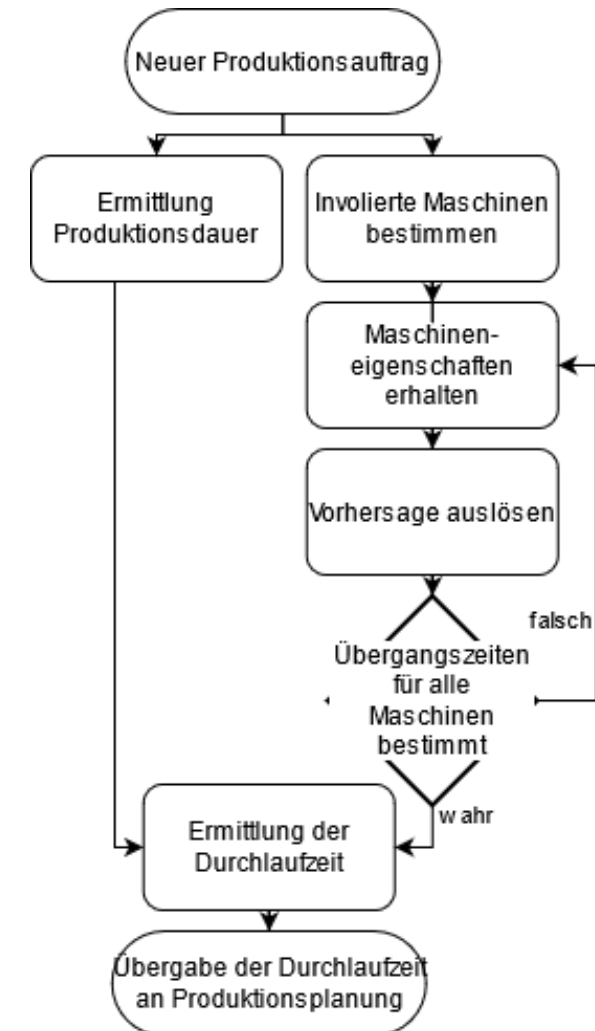
Beschreibung der Maschinen **anhand ihrer aktuellen und vergangenen Parameter**

### Maschinenparameter

- Auslastung der Maschine(-ngruppe)
- Wartezeit der Maschine(-ngruppe)

### Eigenschaften des Produktionsauftrags

- Anzahl der offenen Operationen der Maschine(-ngruppe)
- Dauer der offenen Operationen der Maschine(-ngruppe)



## 6. Zusammenfassung und Ausblick

### Ergebnis des Forschungs- und Entwicklungsseminars

- Ähnlich gute Vorhersageleistung von AutoML und Deep Learning
- Keine oder nur marginale Verbesserungen der Performance der Produktion
- Bestimmung des Freigabezeitpunkts nur bedingt sinnvoll
- Alternative Ansätze sollten in Betracht gezogen werden

### Ausblick

- Umsetzung des alternativen Ansatzes
- Mögliche Verbesserungen der Vorhersageleistung testen
- Optimierung der Hyperparameter des Deep Learning Modells
- Training während der Simulation

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

..und Danke an unsere Betreuer!



- [11] ML.NET <https://external-content.duckduckgo.com/iu/?u=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F0%2F02%2FMl.dotnet.svg%2F1200px-Ml.dotnet.svg.png&f=1&nofb=1>
- [11] Keras <https://external-content.duckduckgo.com/iu/?u=http%3A%2F%2Fwww.dobitaobbyte.com.br%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F10%2Fkeras0.png&f=1&nofb=1>
- [12] Keras.NET <https://external-content.duckduckgo.com/iu/?u=https%3A%2F%2Ftse4.mm.bing.net%2Fth%3Fid%3DOIP.c7exAHmUplr6GV61WYO1VQHaCm%26pid%3DApi&f=1>
- [12] Tensorflow.NET: <https://external-content.duckduckgo.com/iu/?u=https%3A%2F%2Fraw.githubusercontent.com%2FSciSharp%2FTensorFlow.NET%2Fmaster%2Fdocs%2Fassets%2Ftf.net.logo.png&f=1&nofb=1>
- [12,13] Python Logo: <https://external-content.duckduckgo.com/iu/?u=https%3A%2F%2Ftalhasariyuerek.com%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F4%2F2019%2F03%2Fpython-logo-png-big-image-png-2400-1280x905.png&f=1&nofb=1>