

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Sebastian Lang
SAP Stammtisch Magdeburg »KI für Alle« | 25. November 2024

Aktuelle Forschungsthemen und Zukunftsperspektiven im Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI)



Kurz zu meiner Person

- 2014:** B.Sc.-Abschluss »Wirtschaftsingenieur Logistik«
- 2016:** M.Sc.-Abschluss »Maschinenbau Produktionstechnik«
- 2017:** M.Sc.-Abschluss »Wirtschaftsingenieur Logistik«
- 2017–2019:** Promotionsstipendiat der Graduiertenförderung des Landes Sachsen-Anhalt
- Seit 2019:** Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IFF im Geschäftsfeld Robotersysteme
- 2023:** Promotion zum Doktor-Ingenieur zum Thema: »Methoden des bestärkenden Lernens für die Produktionsablaufplanung«
- Seit 2024:** Juniorprofessor für KI-Anwendung in Produktion und Logistik an der OVGU Magdeburg

Juniorprofessur »KI-Anwendung in Produktion und Logistik«

Forschungs- und Lehraktivitäten

Leitmotiv: Künstliche Intelligenz in die industrielle Anwendung bringen

Forschungsaktivitäten

- Reinforcement Learning
 - für Ablaufplanungsprobleme in Produktion und Logistik
 - für Robotikanwendungen
- Datengetriebene Modellbildung und Simulation sowie Integration mit KI-Verfahren zur Entscheidungsunterstützung
- Integration und Anwendung von generativer KI, insb. Large Language Models (LLM), für industrielle Problemstellungen

Lehraktivitäten

- Bachelorstudiengang »AI Engineering – Künstliche Intelligenz in den Ingenieurwissenschaften«
 - Entwicklung und Projektierung von industriellen KI-Systemen
 - Reinforcement Learning und Metaheuristiken für ingenieur-wissenschaftliche Optimierungsprobleme
 - Ganz viele praxisnahe Projekte
- Für FMB-Masterstudiengänge: KI-Grundlagen mit Anwendungsschwerpunkt auf Produktion und Logistik

Juniorprofessur »KI-Anwendung in Produktion und Logistik«

Forschungs- und Lehraktivitäten

Leitmotiv: Künstliche Intelligenz in die industrielle Anwendung bringen

Forschungsaktivitäten

- Reinforcement Learning
 - für Ablaufplanungsprobleme in Produktion und Logistik
 - für Robotikanwendungen
- Datengetriebene Modellbildung und Simulation sowie Integration mit KI-Verfahren zur Entscheidungsunterstützung
- Integration und Anwendung von generativer KI, insb. Large Language Models (LLM), für industrielle Problemstellungen

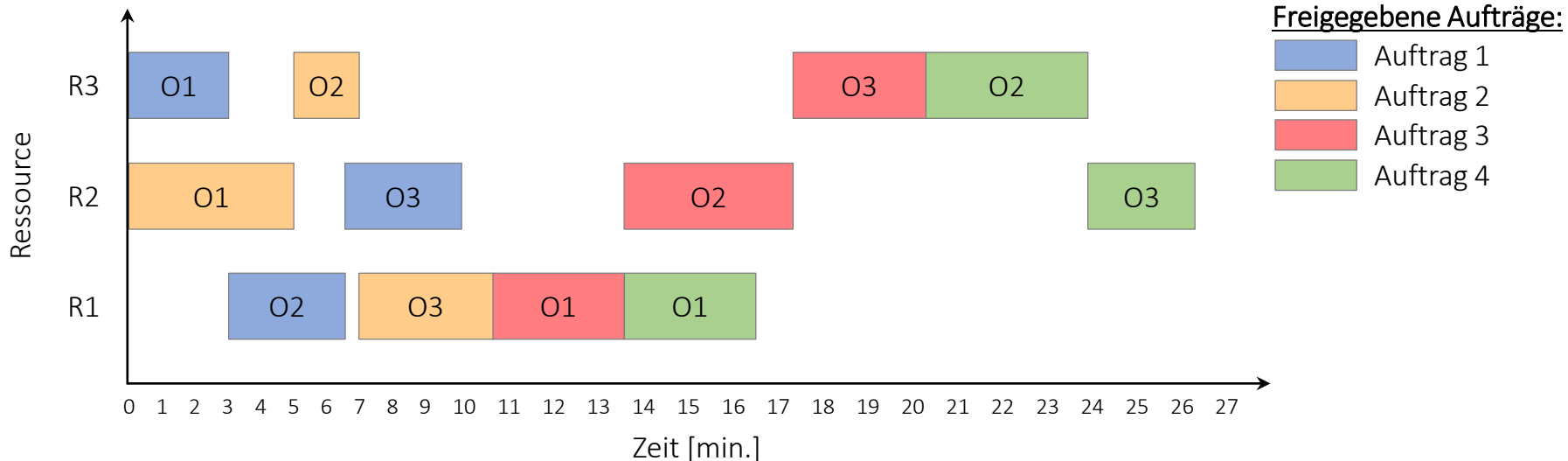
Lehraktivitäten

- Bachelorstudiengang »AI Engineering – Künstliche Intelligenz in den Ingenieurwissenschaften«
 - Entwicklung und Projektierung von industriellen KI-Systemen
 - Reinforcement Learning und Metaheuristiken für ingenieur-wissenschaftliche Optimierungsprobleme
 - Ganz viele praxisnahe Projekte
- Für FMB-Masterstudiengänge: KI-Grundlagen mit Anwendungsschwerpunkt auf Produktion und Logistik

Grundlagen der Ablaufplanung

Jedes Ablaufplanungsproblem kann auf zwei Hauptprobleme heruntergebrochen werden

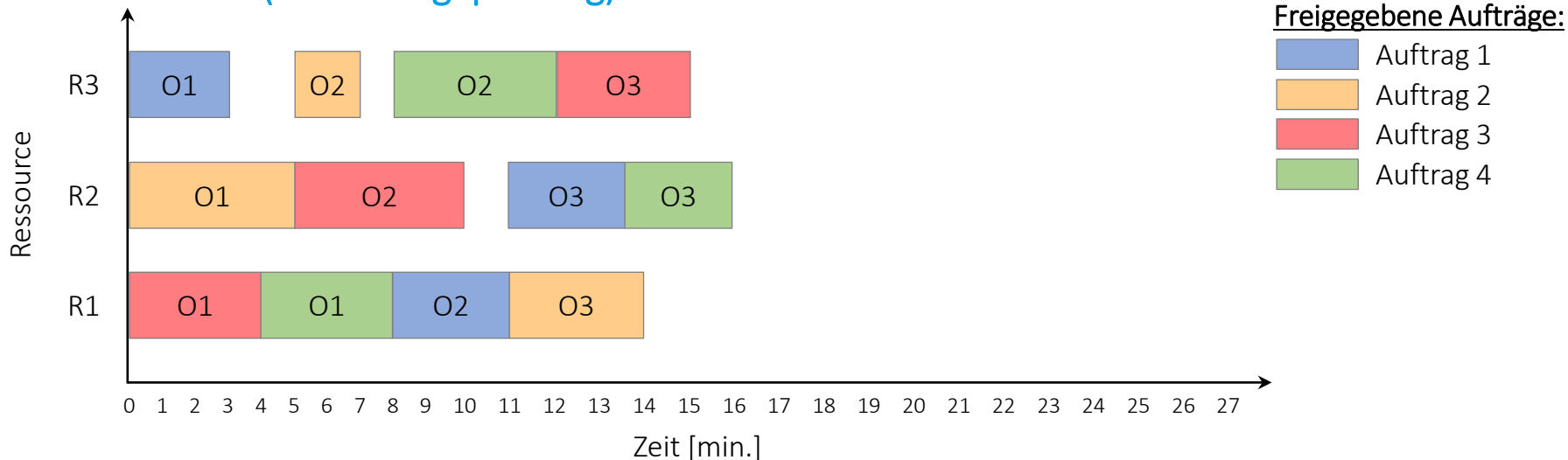
1. Zuweisung von Aufträgen (bzw. Operationen von Aufträgen) zu Ressourcen
 (Ressourcenallokation)



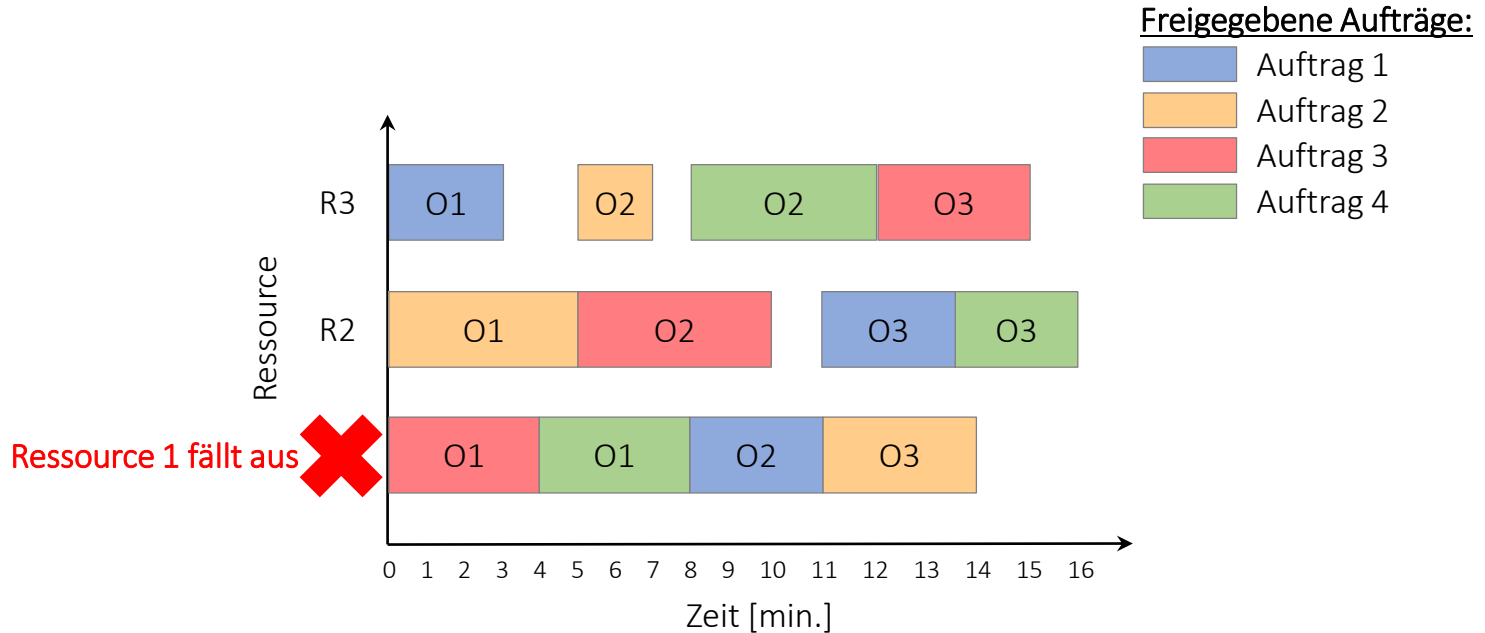
Grundlagen der Ablaufplanung

Jedes Ablaufplanungsproblem kann auf zwei Hauptprobleme heruntergebrochen werden

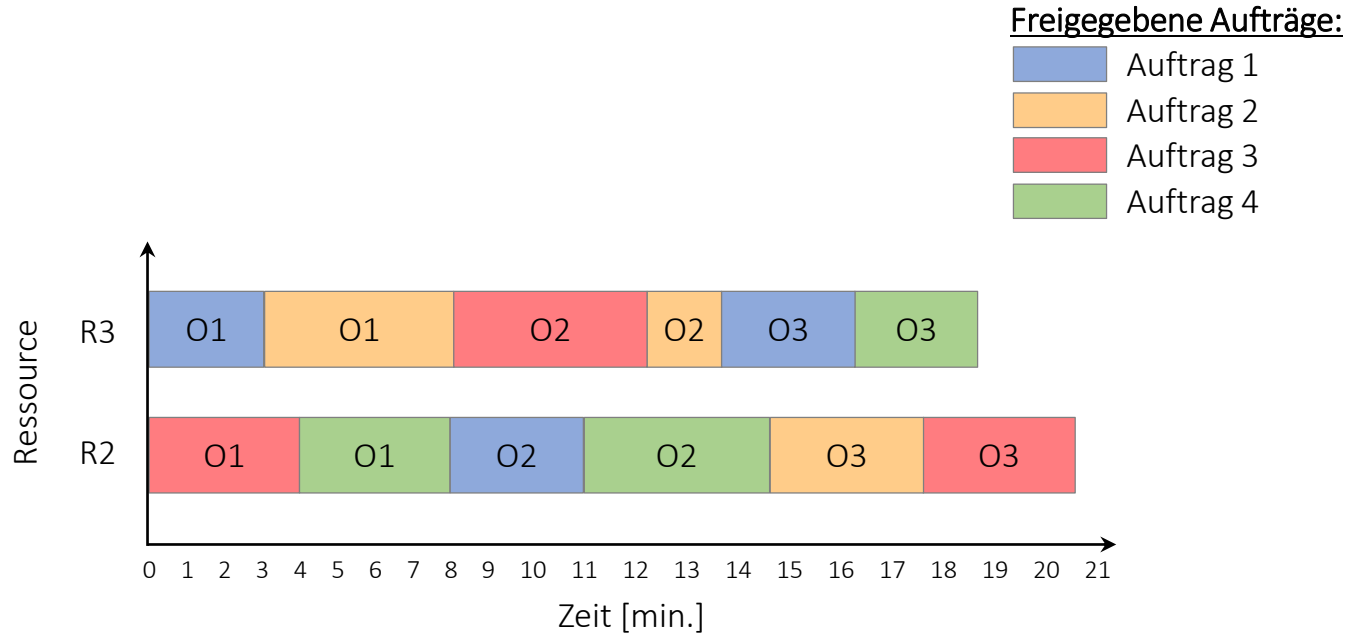
1. Zuweisung von Aufträgen (bzw. Operationen von Aufträgen) zu Ressourcen (**Ressourcenallokation**)
2. Festlegung der Bearbeitungssequenz von Aufträgen (bzw. Operationen von Aufträgen) auf der Ressource (**Reihenfolgeplanung**)



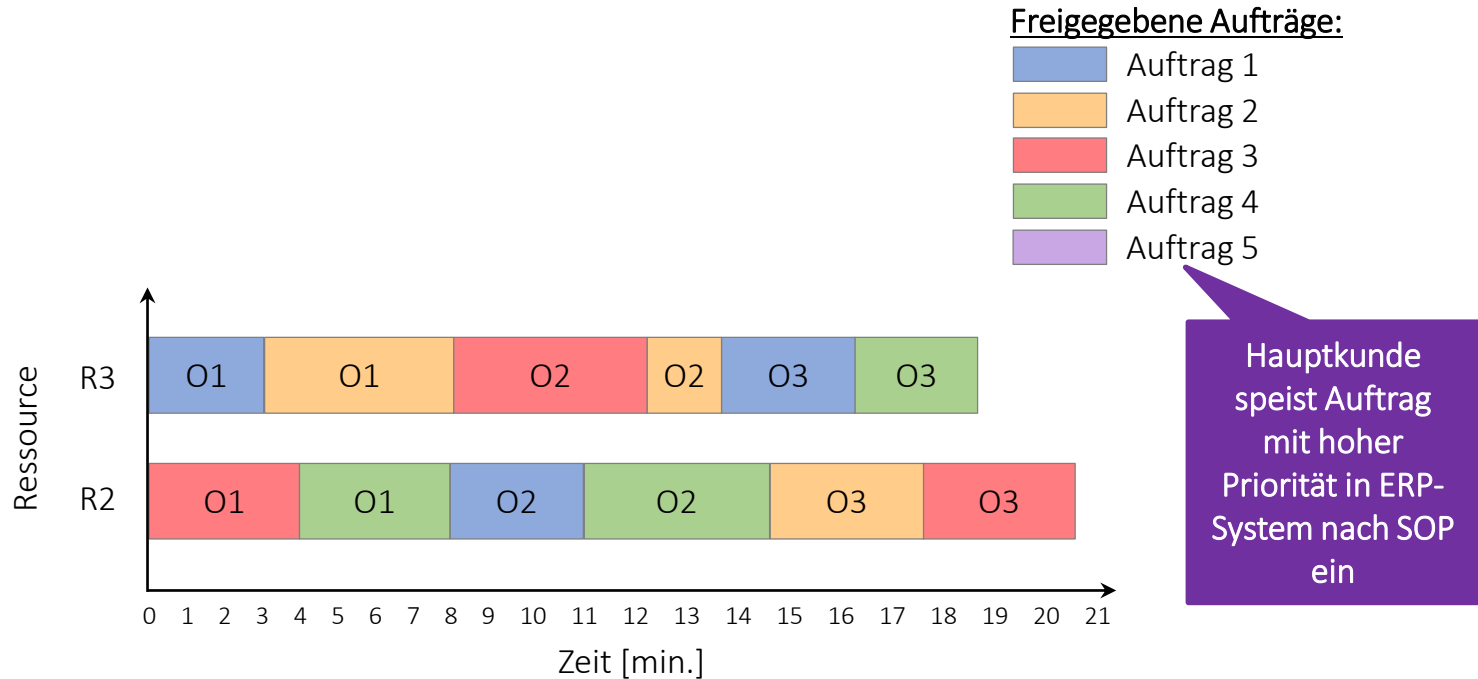
Herausforderungen für die Ablaufplanung



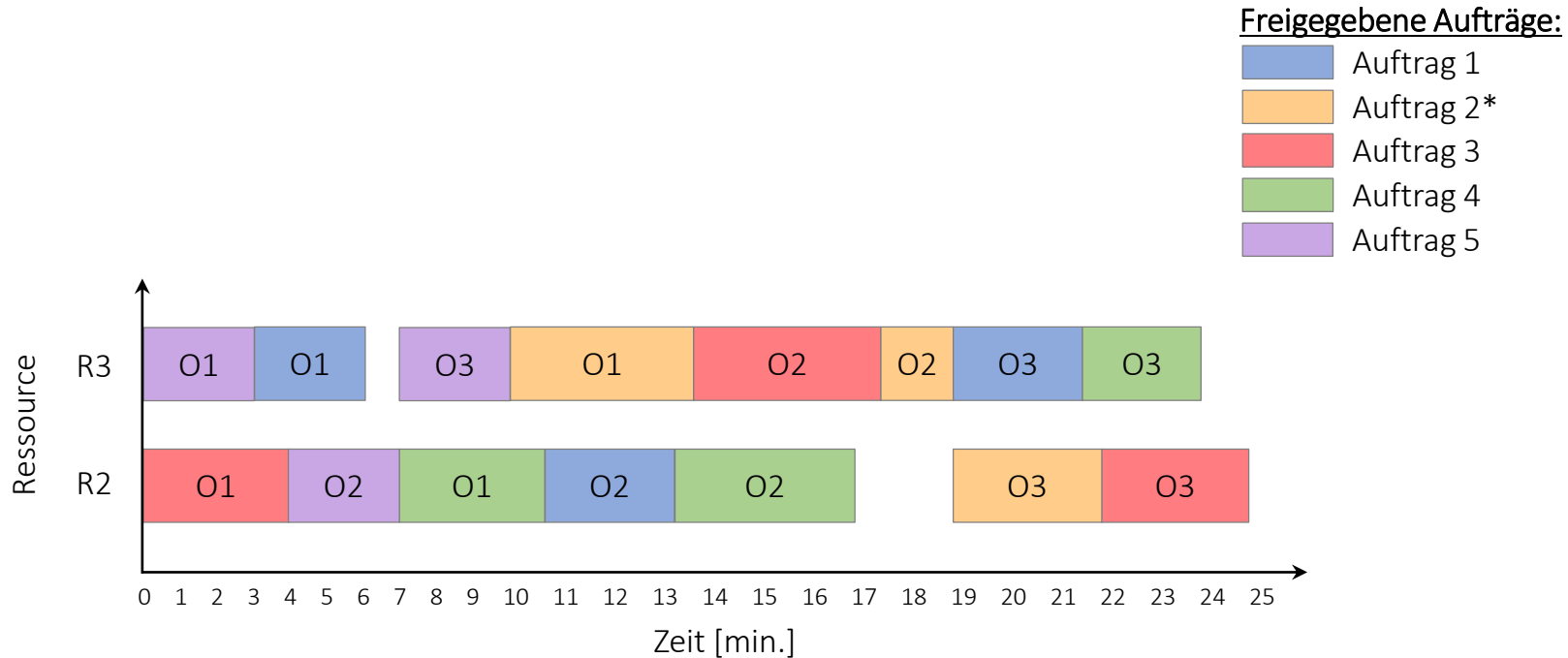
Herausforderungen für die Ablaufplanung



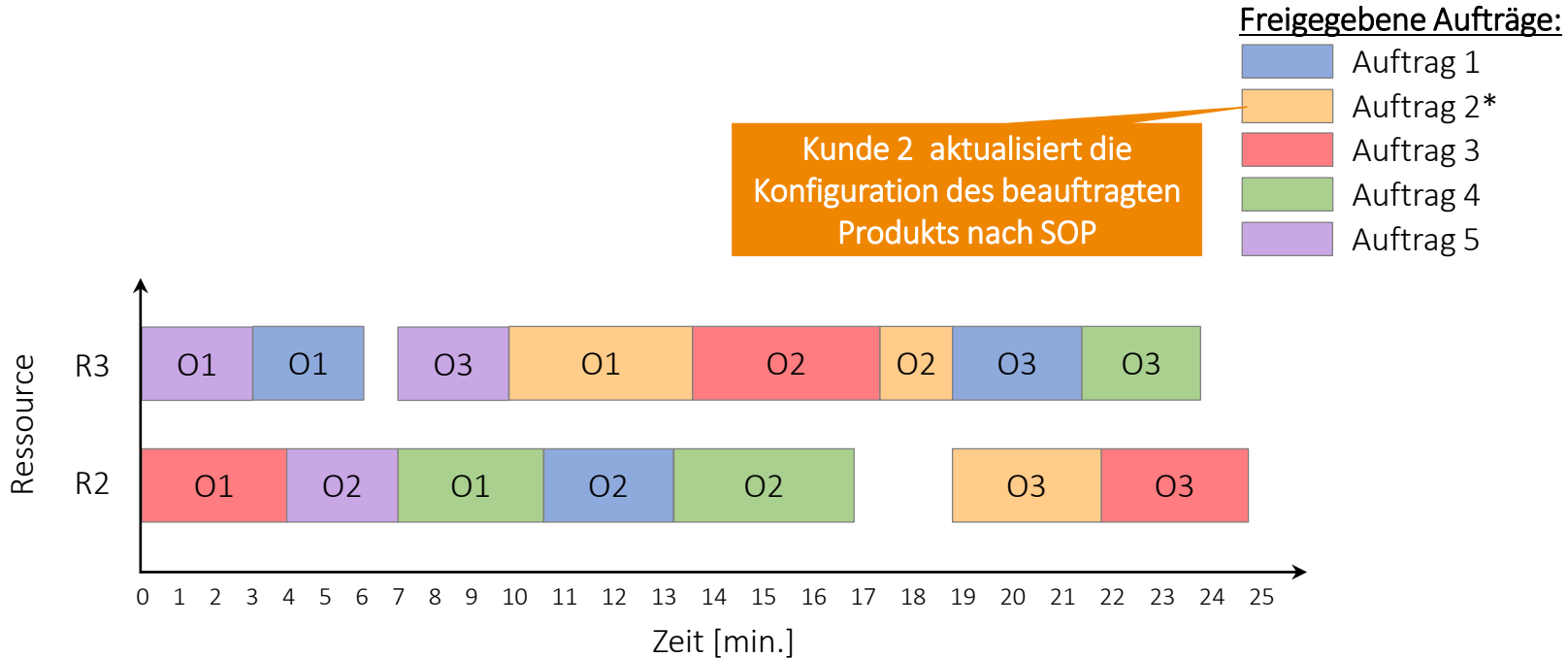
Herausforderungen für die Ablaufplanung



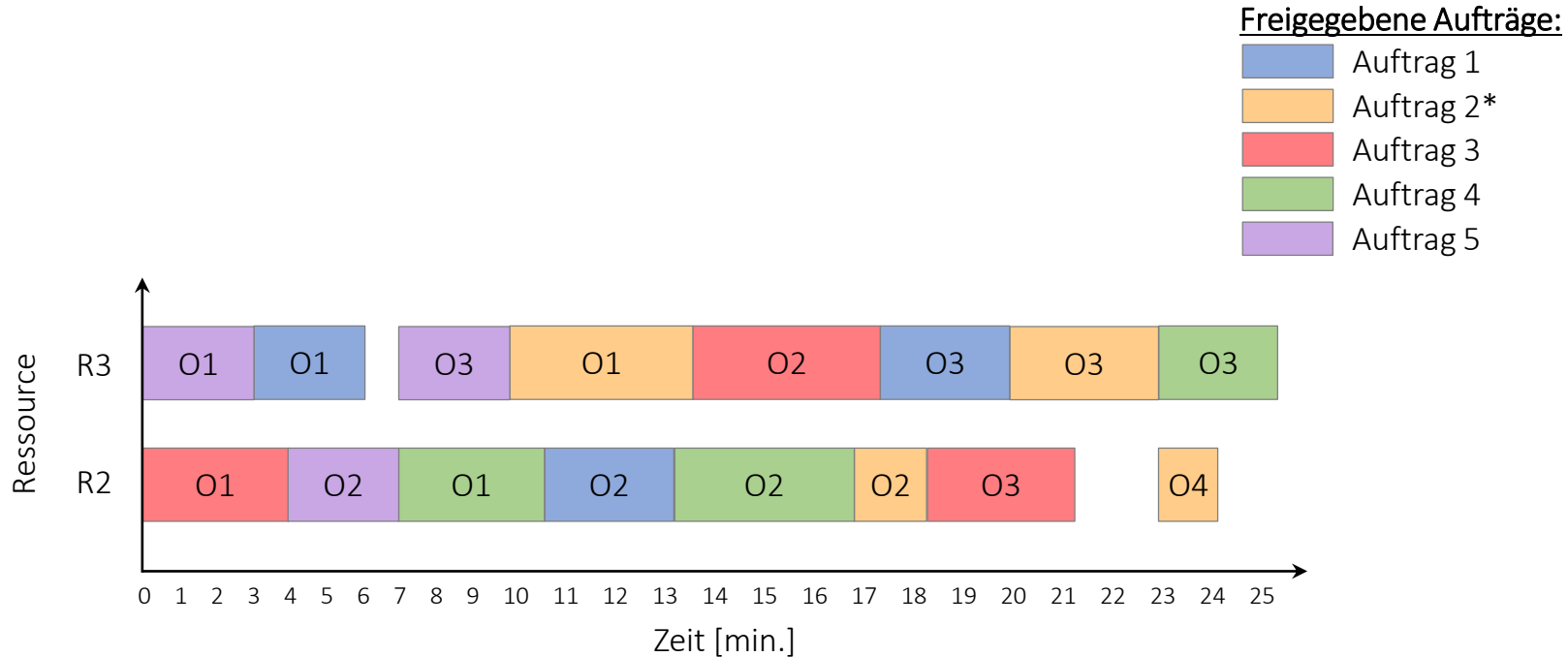
Herausforderungen für die Ablaufplanung



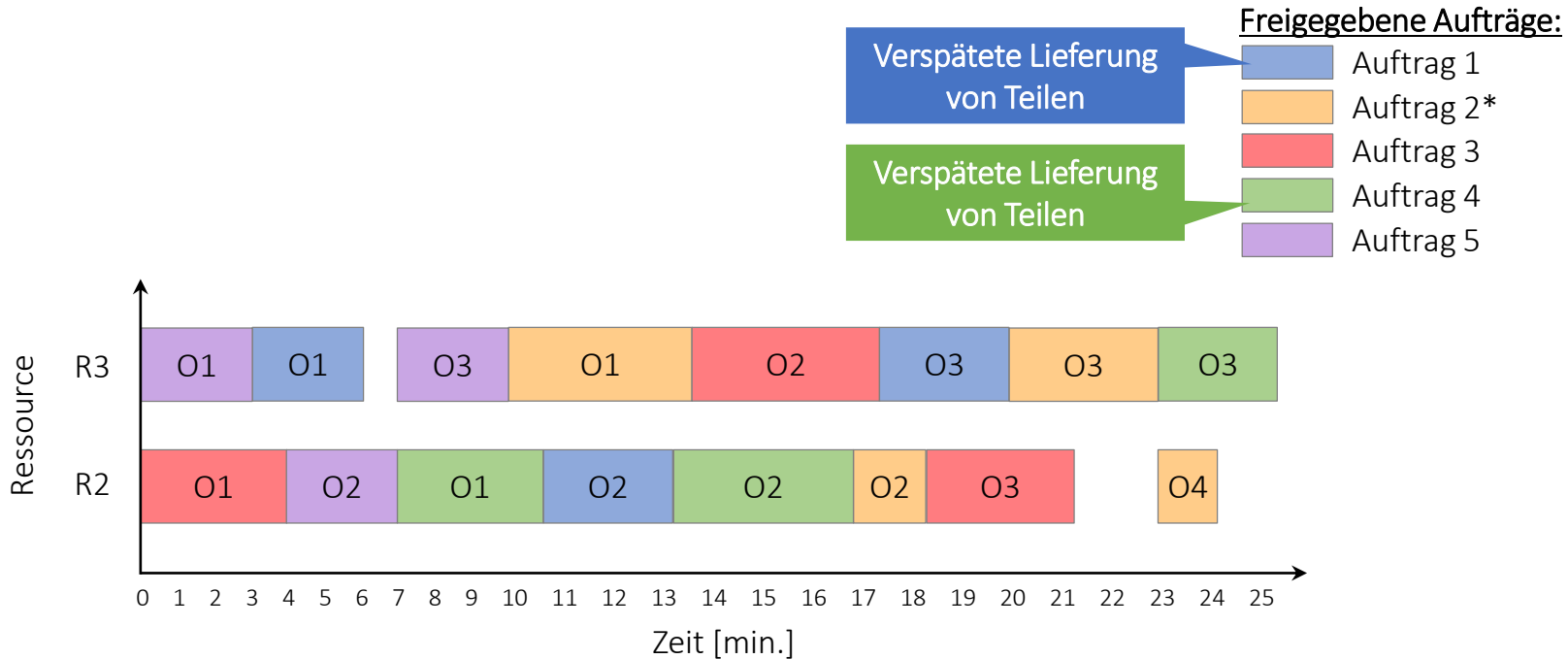
Herausforderungen für die Ablaufplanung



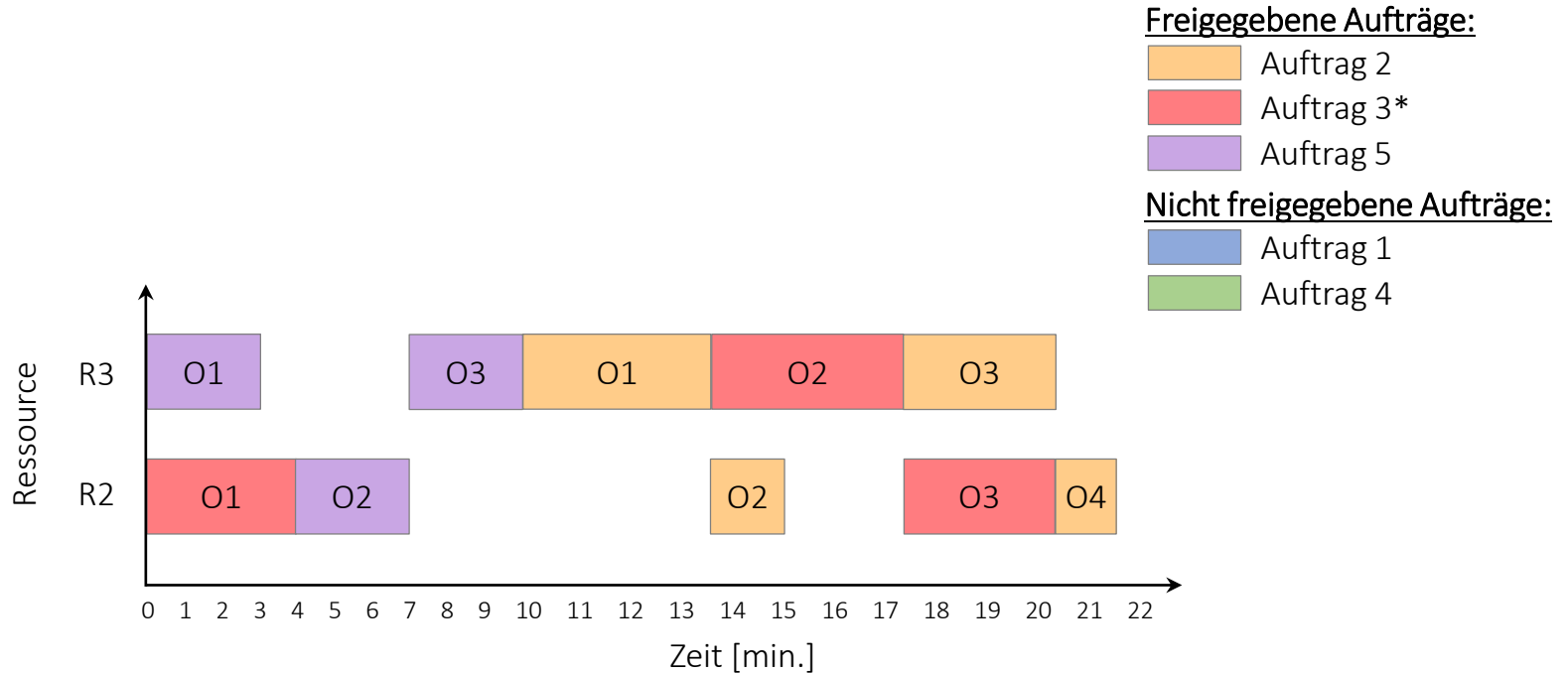
Herausforderungen für die Ablaufplanung



Herausforderungen für die Ablaufplanung

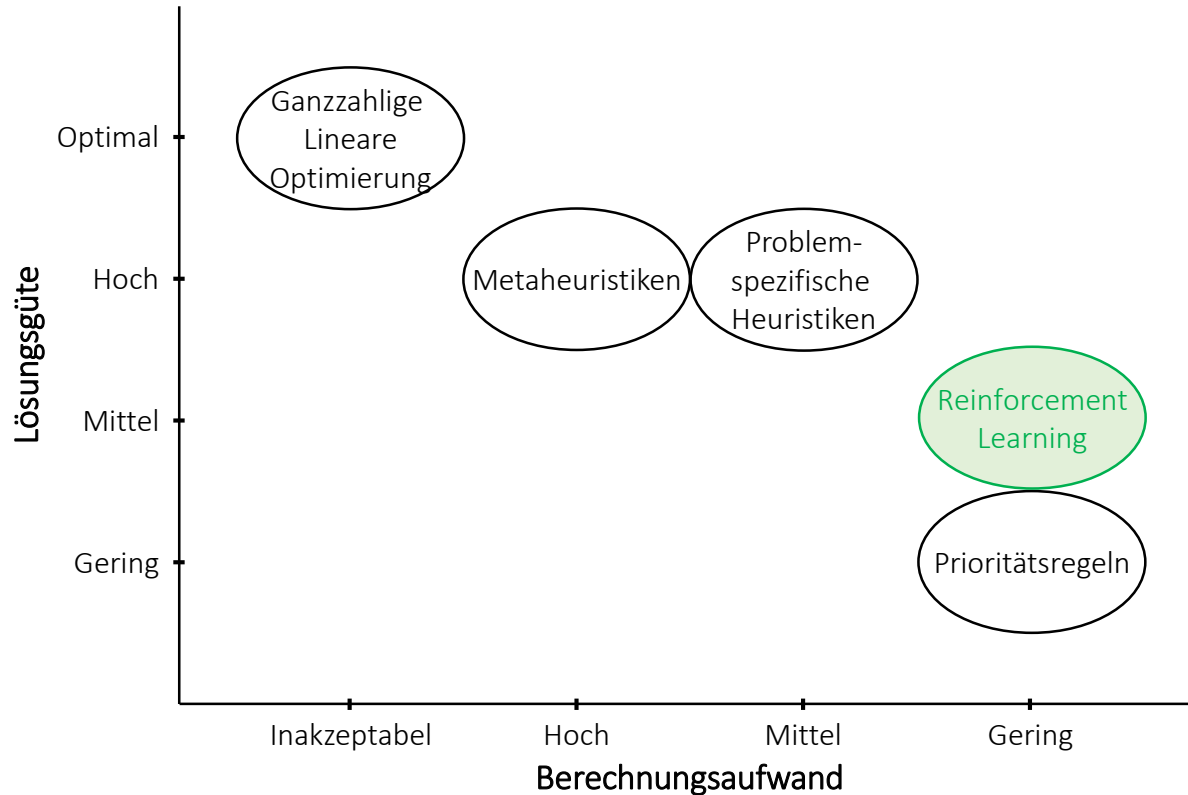


Herausforderungen für die Ablaufplanung



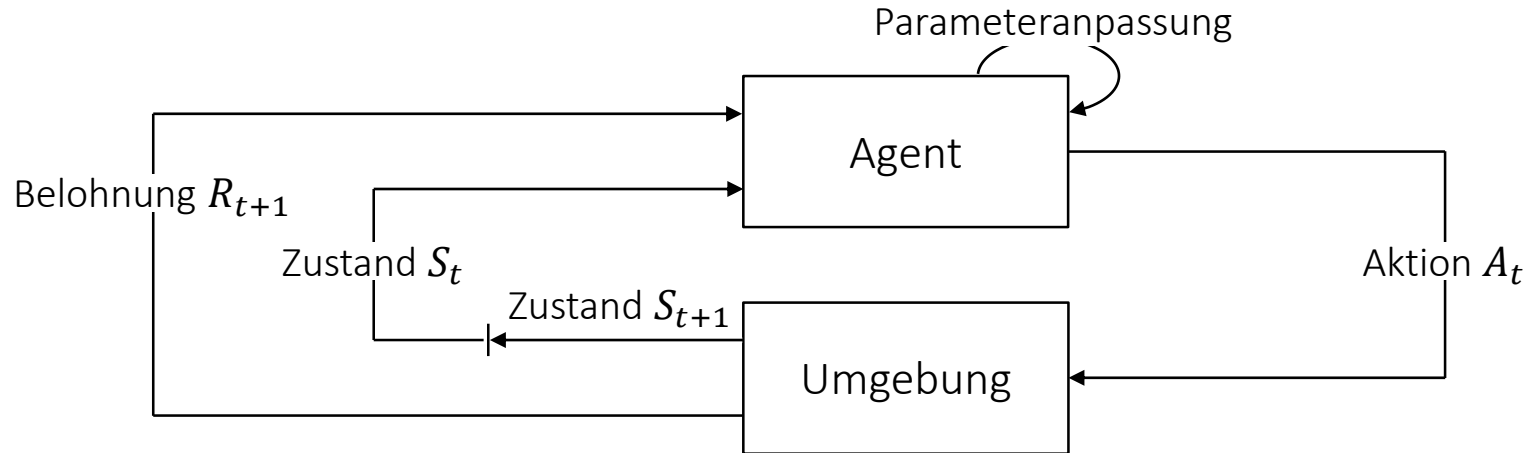
Klassische Lösungsverfahren für die Produktionsablaufplanung...

...und Einordnung des Reinforcement Learning innerhalb dieser



Reinforcement Learning

Grundidee



Reinforcement Learning

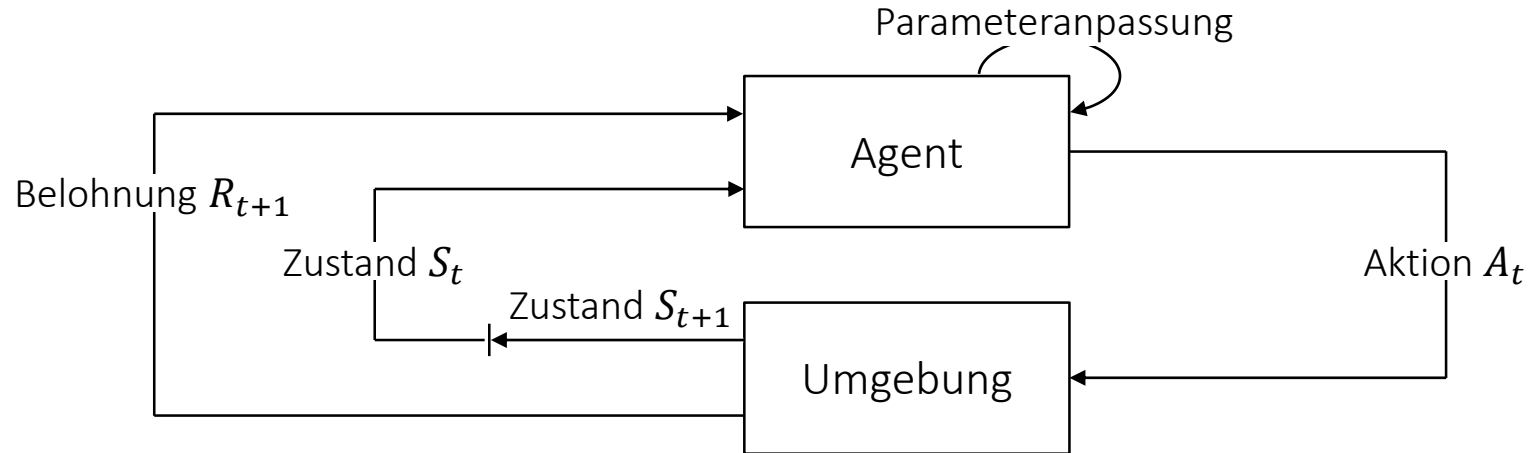
Grundidee



Quelle: giphy.com

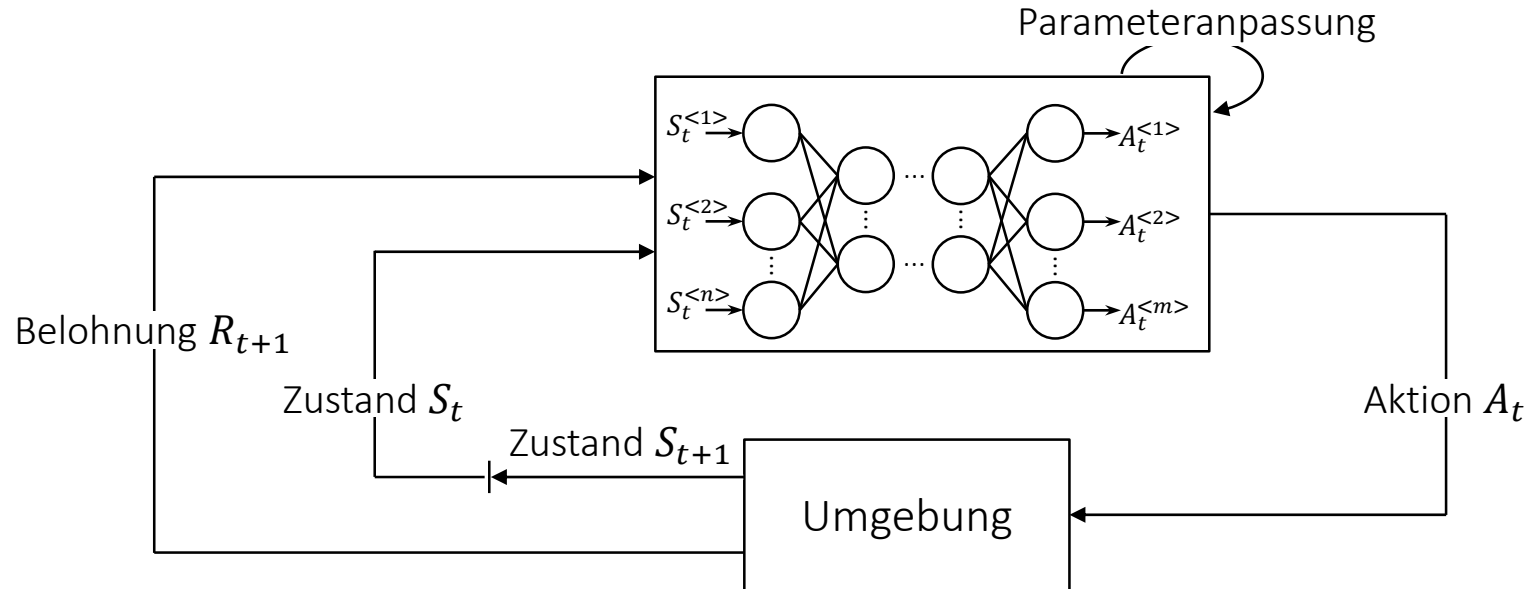
Reinforcement Learning

Grundidee



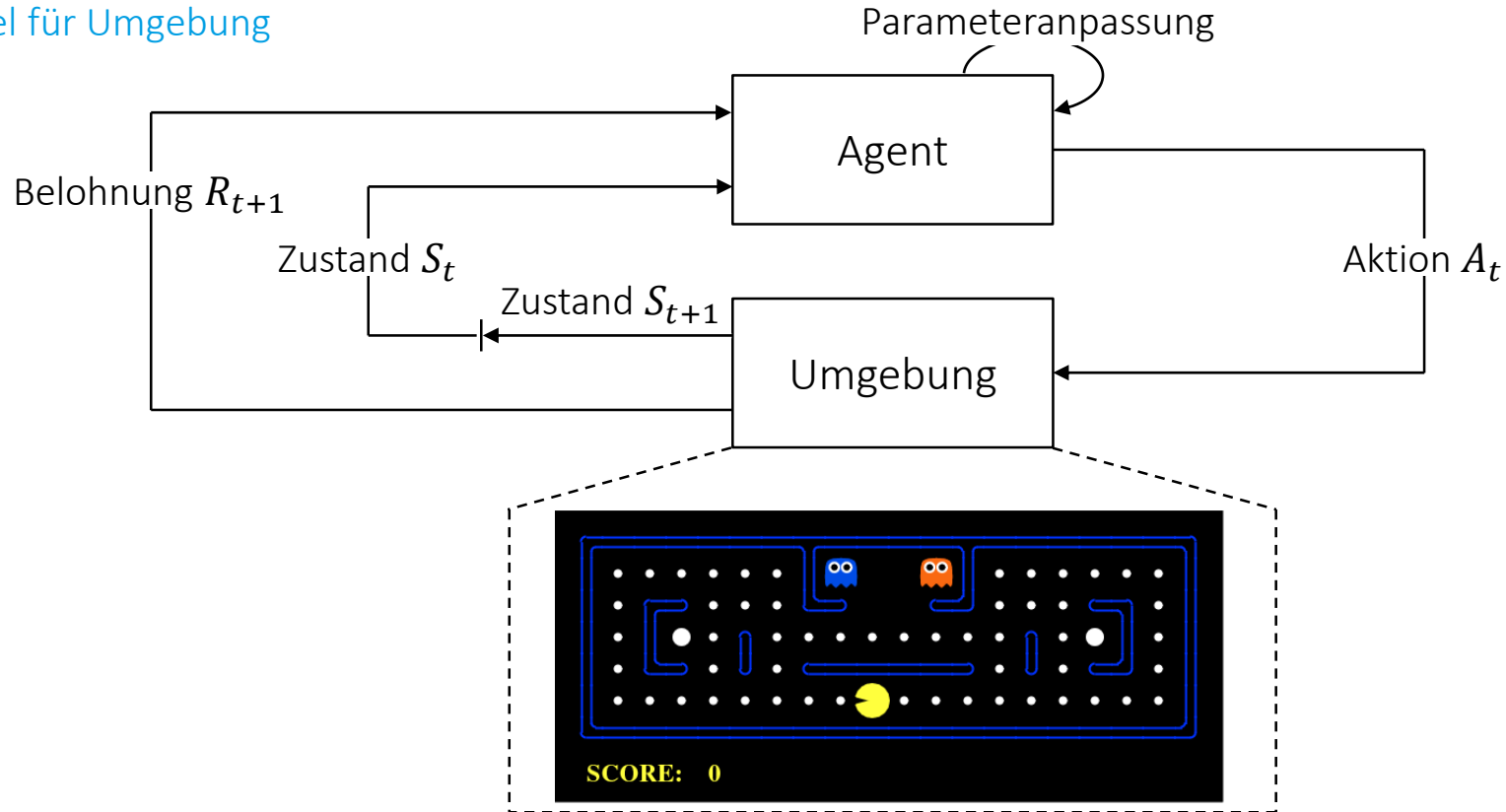
Reinforcement Learning

Grundidee



Reinforcement Learning

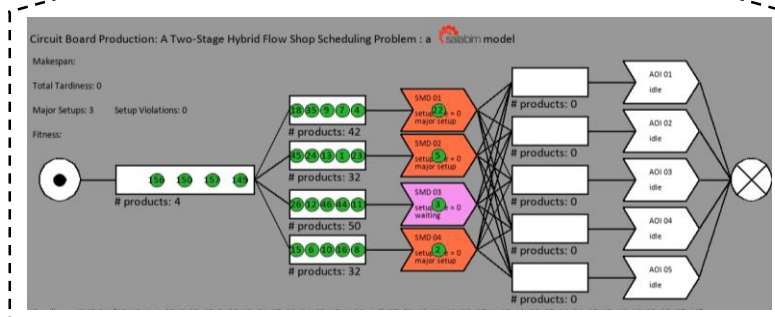
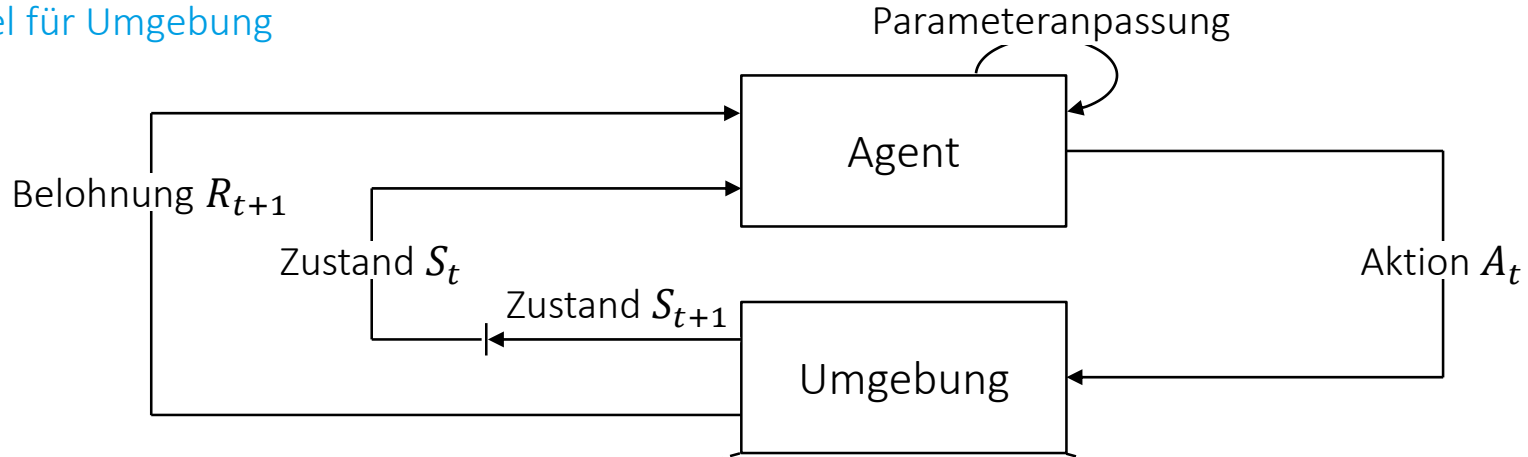
Beispiel für Umgebung



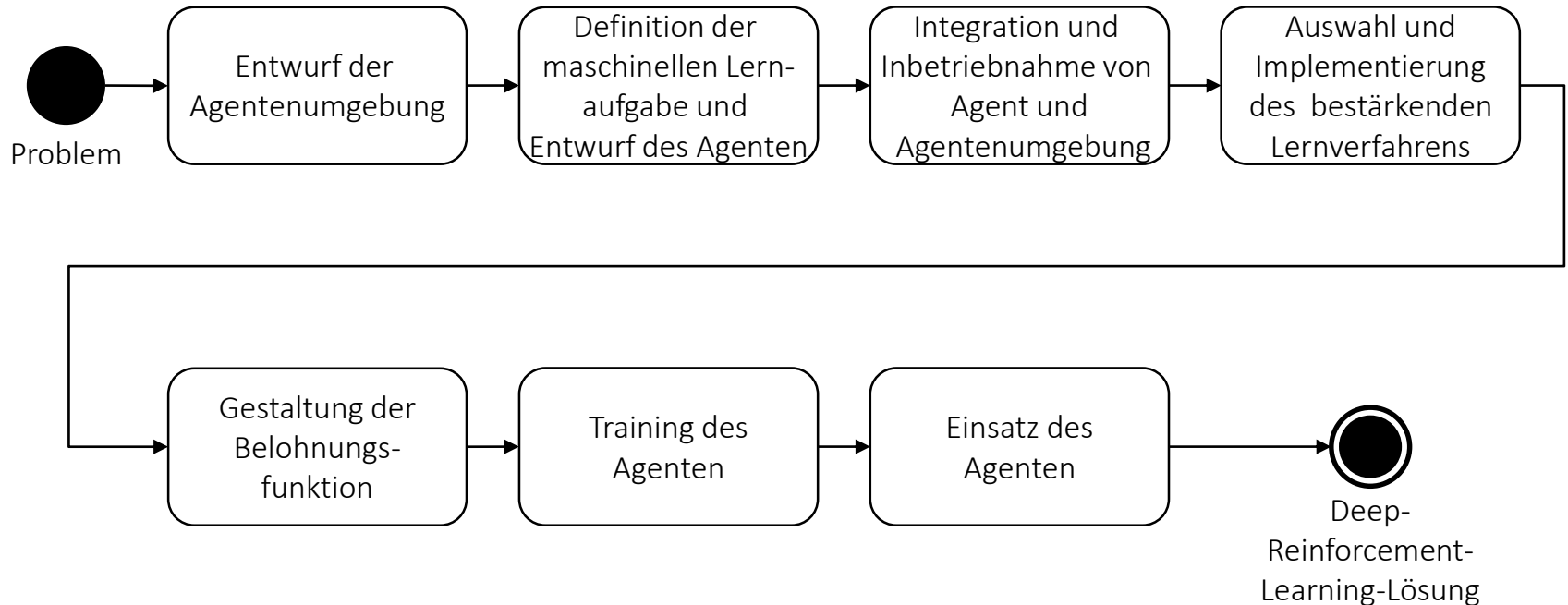
Quelle: coolinventor.com

Reinforcement Learning

Beispiel für Umgebung

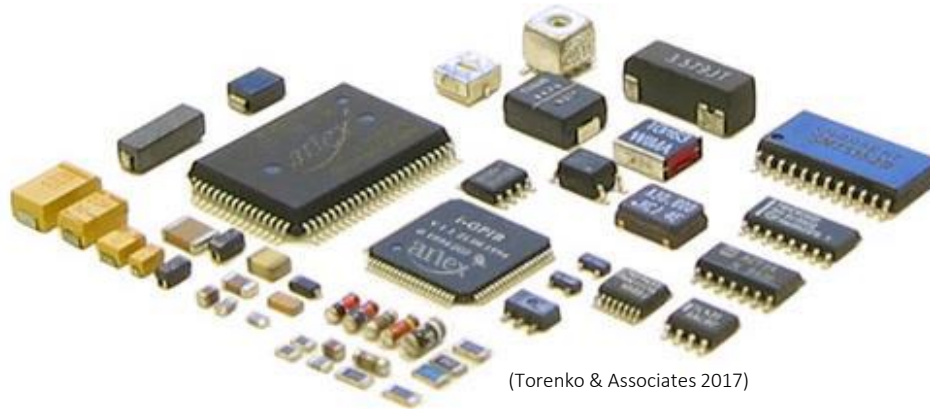


Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf Reinforcement Learning basierenden Entscheidungssystemen



Anwendung und Evaluation der Methode...

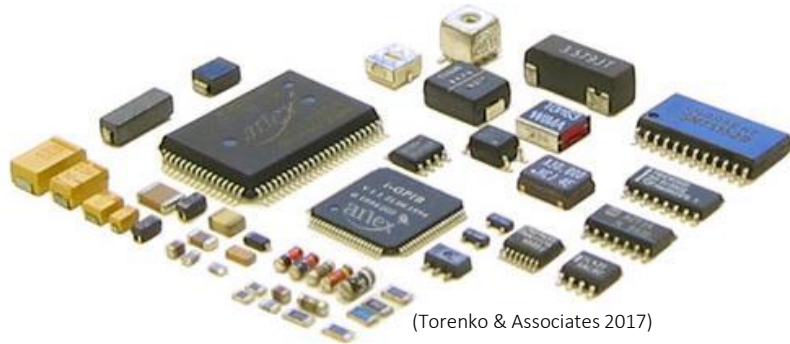
...anhand eines realen Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



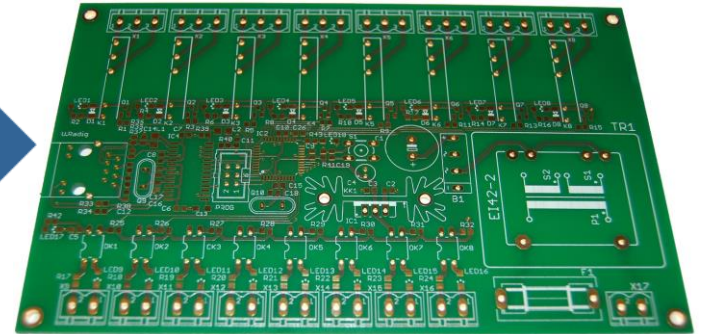
(Torenko & Associates 2017)

Anwendung und Evaluation der Methode...

...anhand eines realen Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



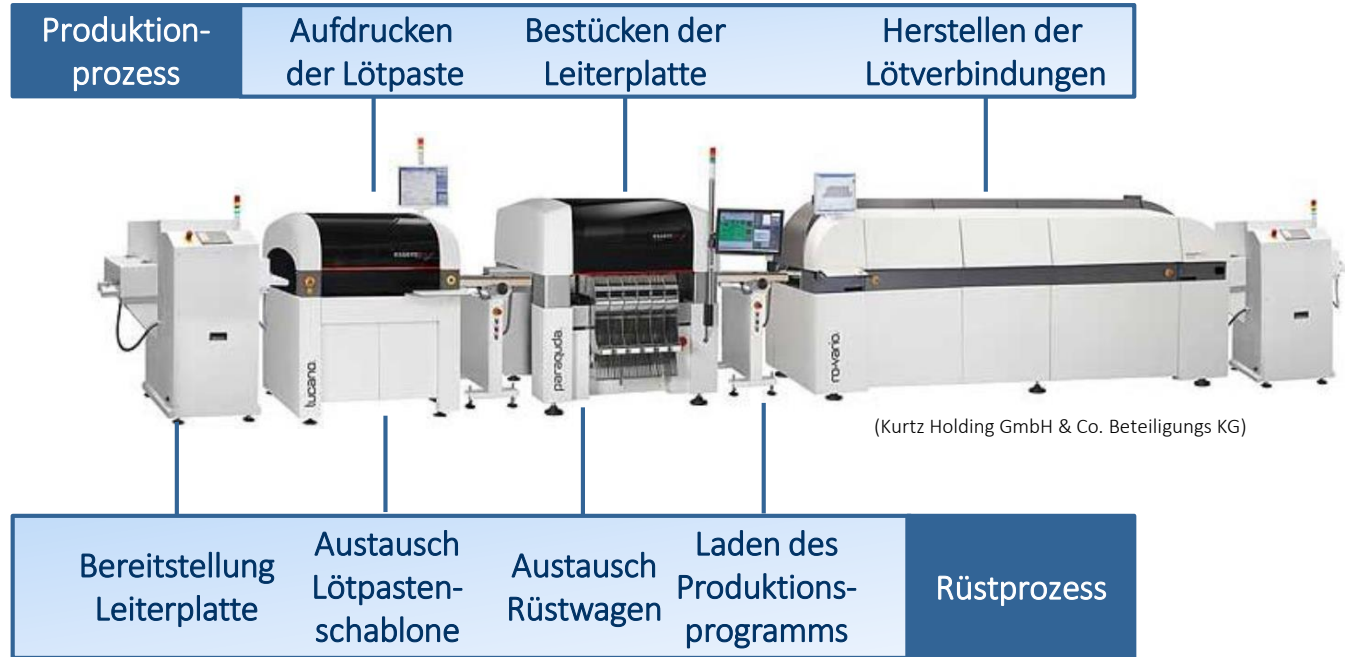
(Torenko & Associates 2017)



(Radig Hard & Software / Elektrotechnik 2024)

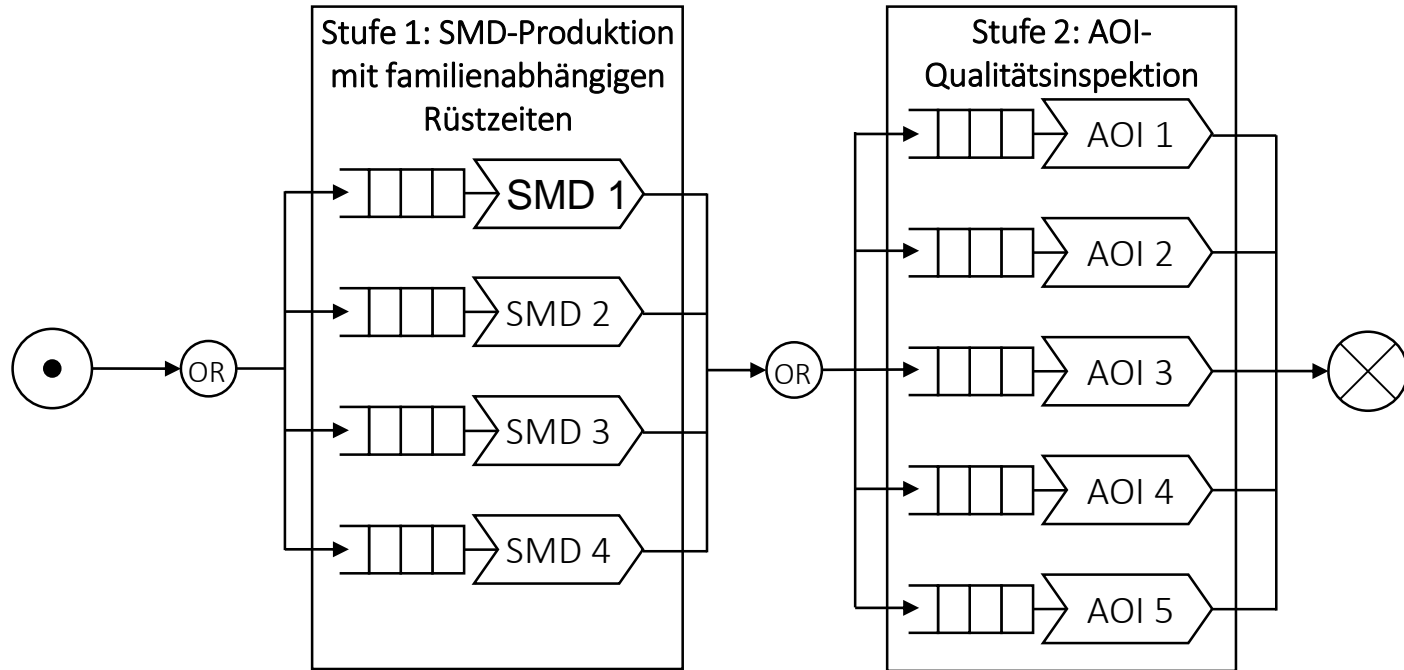
Anwendung und Evaluation der Methode...

...anhand eines realen Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



Anwendung und Evaluation der Methode...

...anhand eines realen Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



Veranschaulichung der Lösungsqualität...

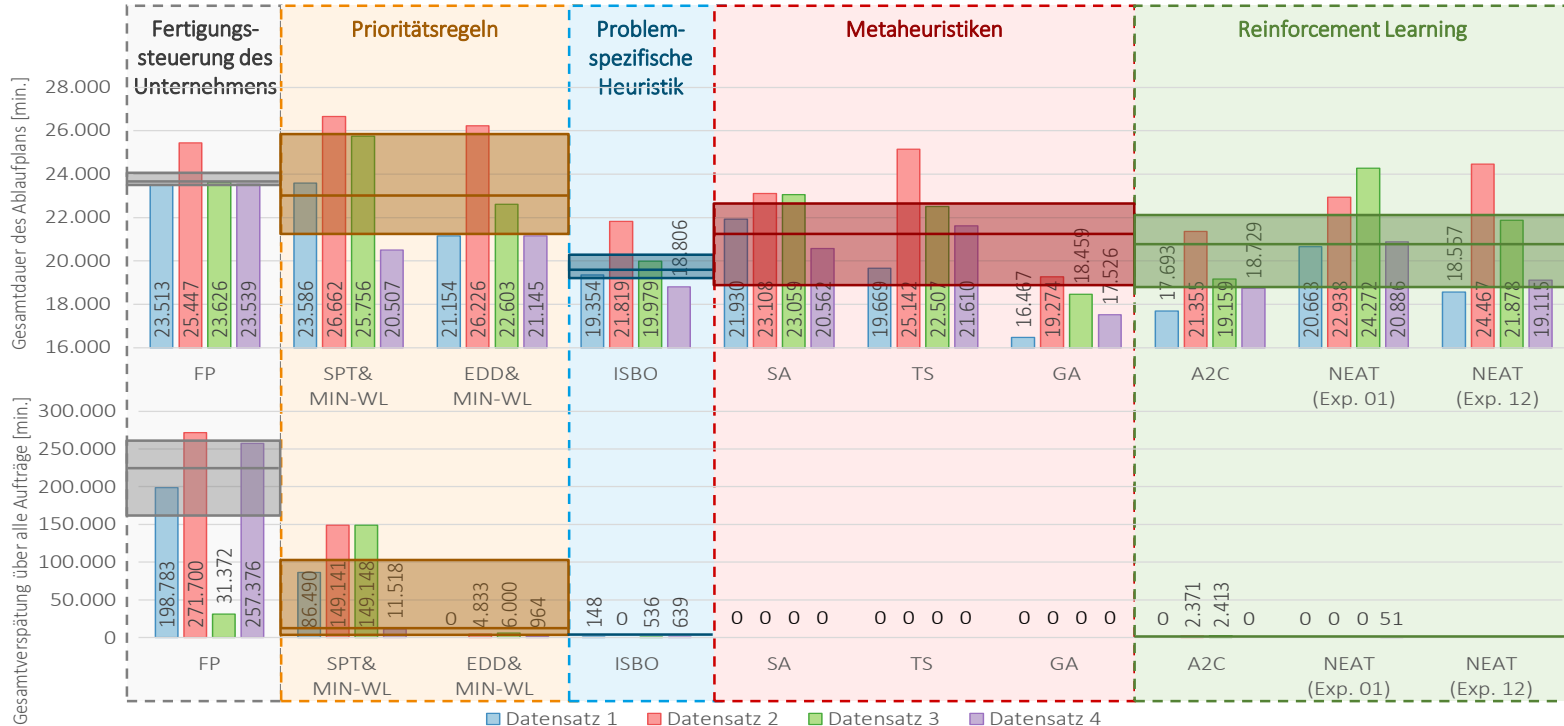
...anhand eines Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



FP – Fertigungsplanung des Unternehmens | SPT – Shortest Processing Time | EDD – Earliest Due Date | ISBO – Integrated Simulation-Based Optimization | SA – Simulated Annealing | TS – Tabu Search | GA – Genetischer Algorithmus | A2C – Advantage Actor Critic | NEAT – NeuroEvolution of Augmenting Topologies

Veranschaulichung der Lösungsqualität...

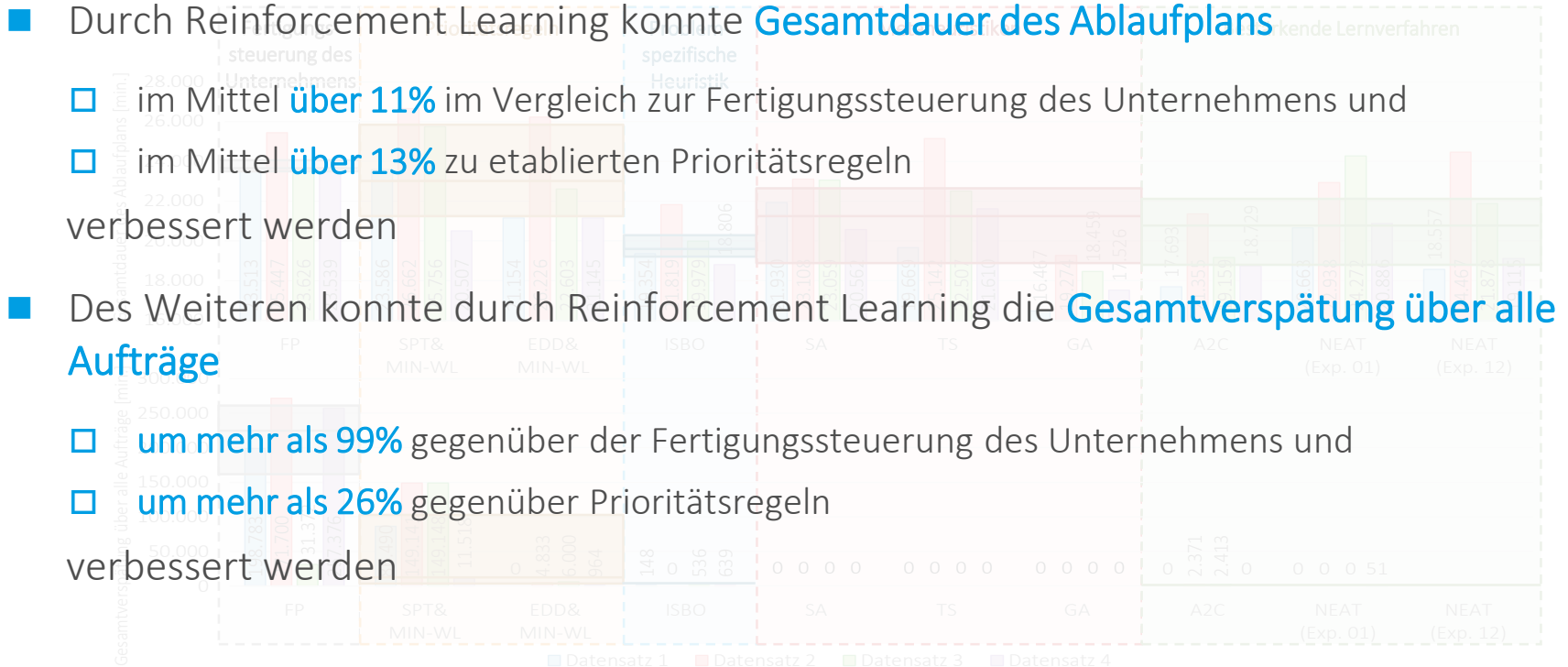
...anhand eines Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



FP – Fertigungsplanung des Unternehmens | SPT – Shortest Processing Time | EDD – Earliest Due Date | ISBO – Integrated Simulation-Based Optimization | SA – Simulated Annealing | TS – Tabu Search | GA – Genetischer Algorithmus | A2C – Advantage Actor Critic | NEAT – NeuroEvolution of Augmenting Topologies

Veranschaulichung der Lösungsqualität...

...anhand eines Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



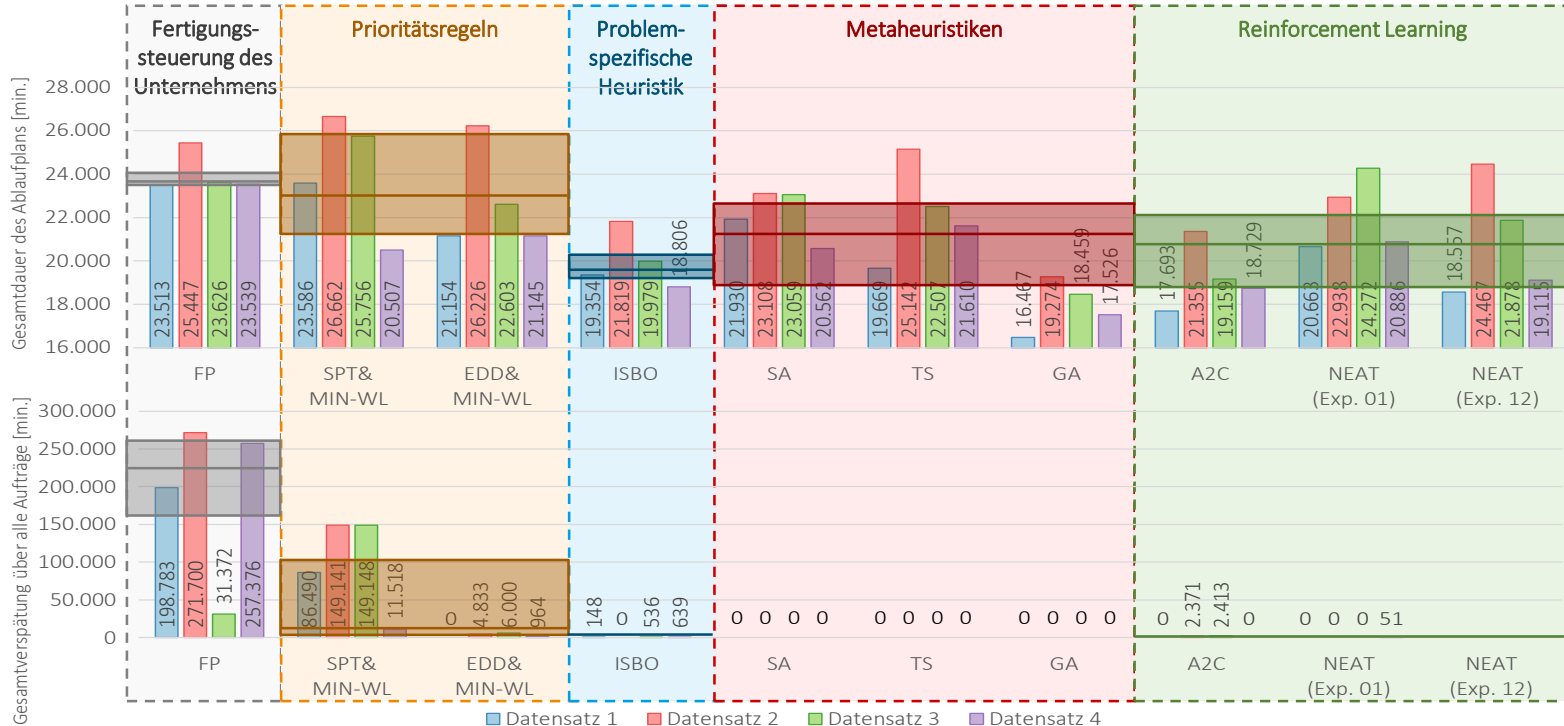
- Durch Reinforcement Learning konnte **Gesamtdauer des Ablaufplans**
 - im Mittel **über 11%** im Vergleich zur Fertigungssteuerung des Unternehmens und
 - im Mittel **über 13%** zu etablierten Prioritätsregeln verbessert werden

- Des Weiteren konnte durch Reinforcement Learning die **Gesamtverspätung über alle Aufträge**
 - **um mehr als 99%** gegenüber der Fertigungssteuerung des Unternehmens und
 - **um mehr als 26%** gegenüber Prioritätsregeln verbessert werden

FP – Fertigungsplanung des Unternehmens | SPT – Shortest Processing Time | EDD – Earliest Due Date | ISBO – Integrated Simulation-Based Optimization | SA – Simulated Annealing | TS – Tabu Search | GA – Genetischer Algorithmus | A2C – Advantage Actor Critic | NEAT – NeuroEvolution of Augmenting Topologies

Veranschaulichung der Lösungsqualität...

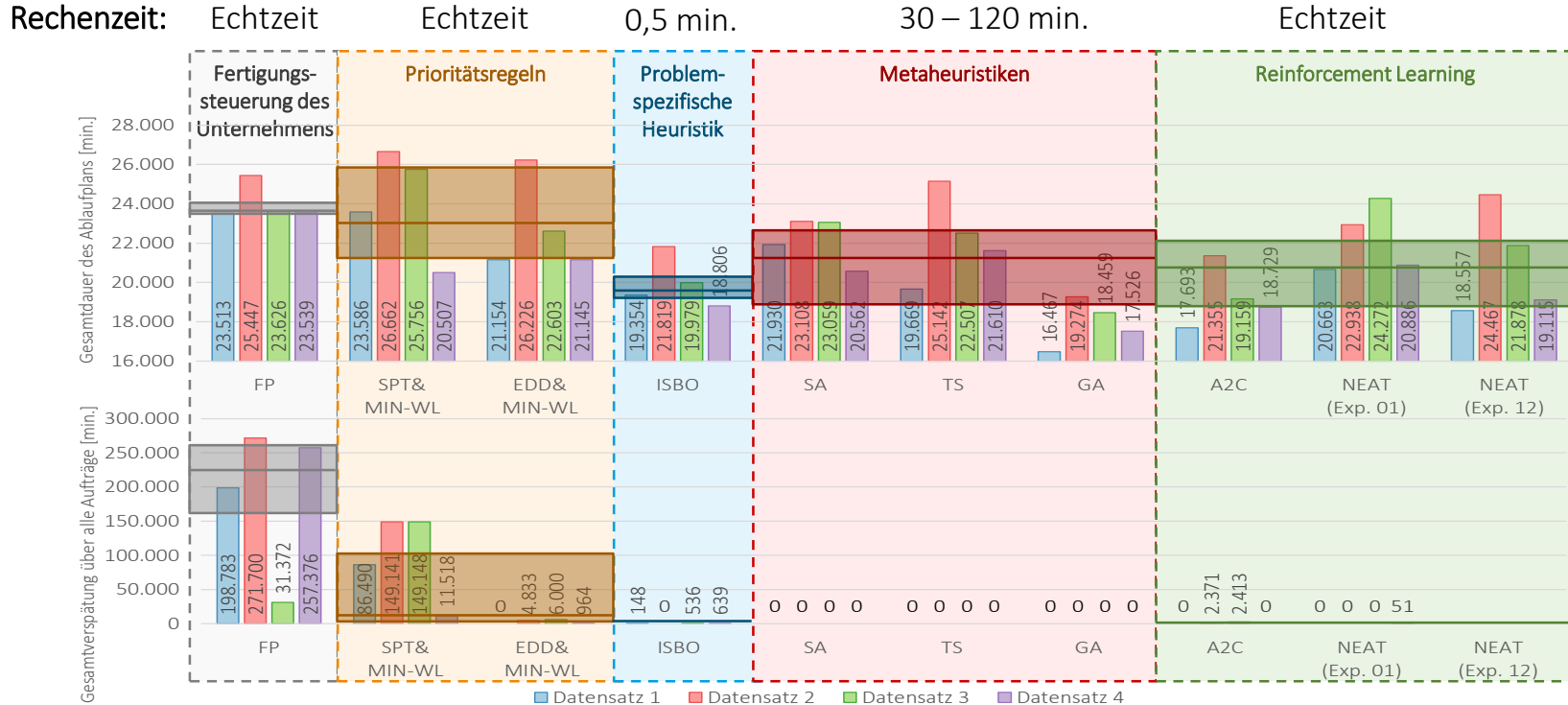
...anhand eines Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie



FP – Fertigungsplanung des Unternehmens | SPT – Shortest Processing Time | EDD – Earliest Due Date | ISBO – Integrated Simulation-Based Optimization | SA – Simulated Annealing | TS – Tabu Search | GA – Genetischer Algorithmus | A2C – Advantage Actor Critic | NEAT – NeuroEvolution of Augmenting Topologies

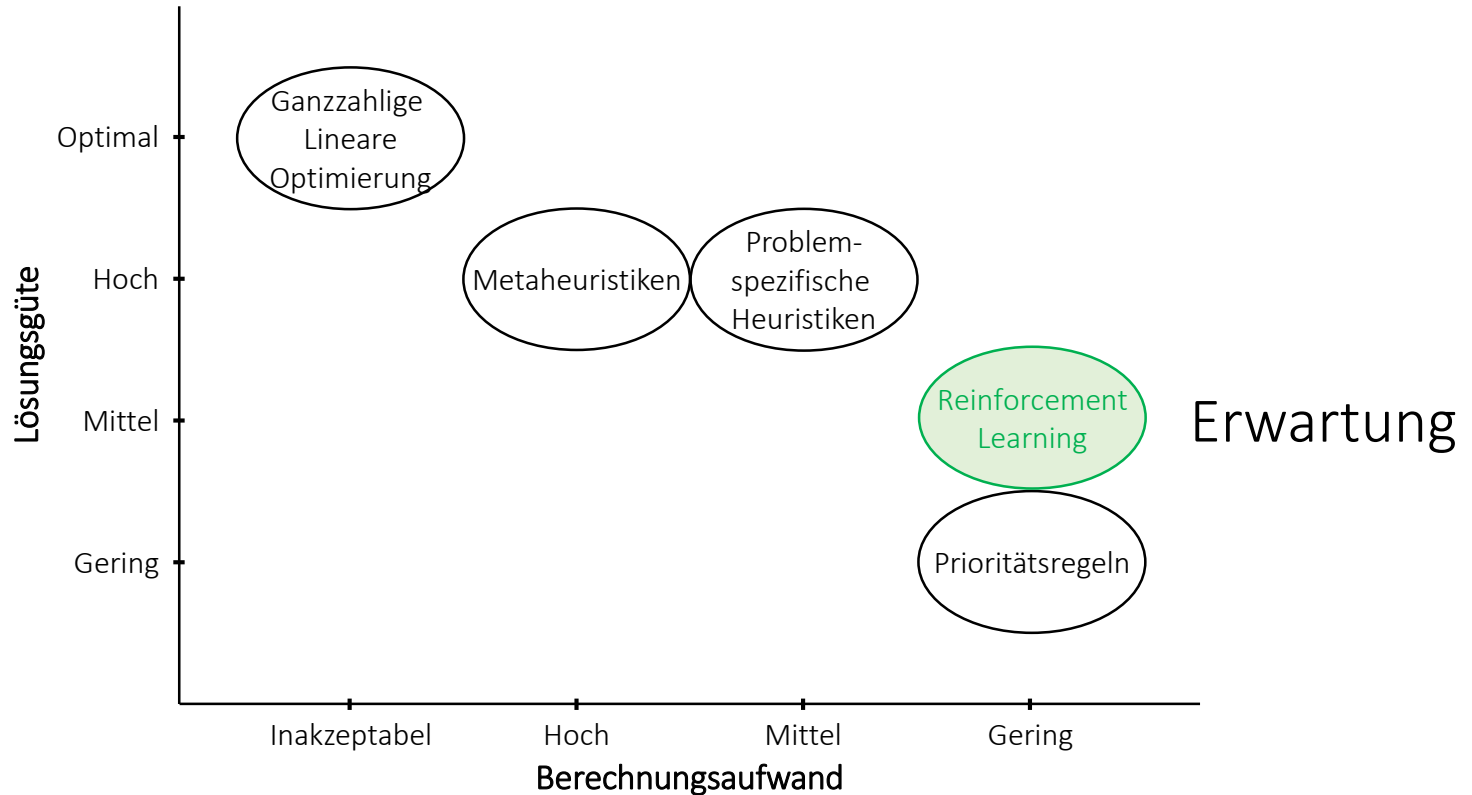
Veranschaulichung der Lösungsqualität...

...anhand eines Produktionssystems aus der Leiterplattenbestückungsindustrie

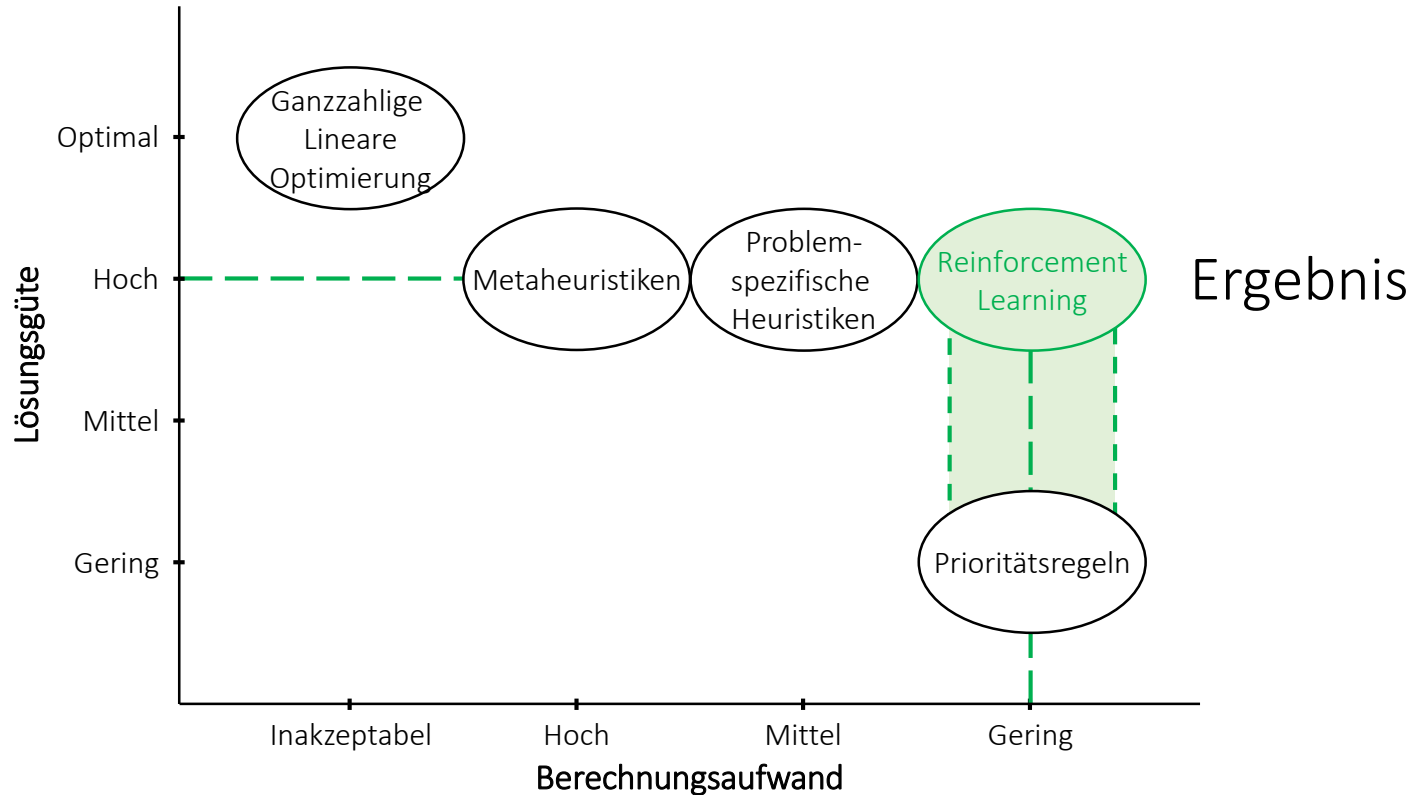


FP – Fertigungsplanung des Unternehmens | SPT – Shortest Processing Time | EDD – Earliest Due Date | ISBO – Integrated Simulation-Based Optimization | SA – Simulated Annealing | TS – Tabu Search | GA – Genetischer Algorithmus | A2C – Advantage Actor Critic | NEAT – NeuroEvolution of Augmenting Topologies

Fazit: Reinforcement Learning im Vergleich zu konventionellen Lösungsverfahren



Fazit: Reinforcement Learning im Vergleich zu konventionellen Lösungsverfahren



Juniorprofessur »KI-Anwendung in Produktion und Logistik«

Forschungs- und Lehraktivitäten

Leitmotiv: Künstliche Intelligenz in die industrielle Anwendung bringen

Forschungsaktivitäten

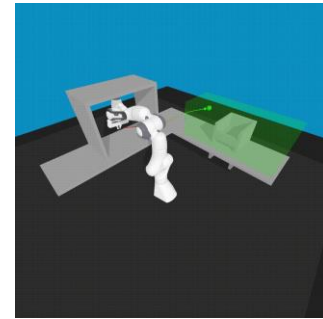
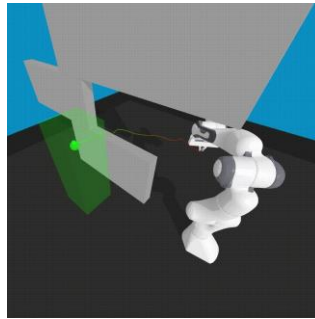
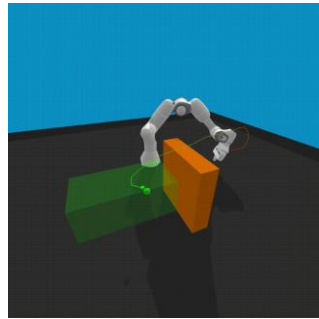
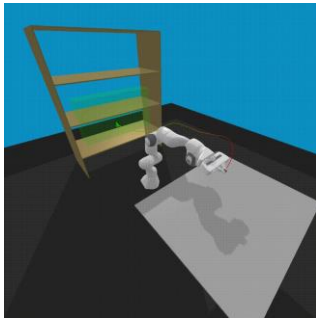
- Reinforcement Learning
 - für Ablaufplanungsprobleme in Produktion und Logistik
 - für Robotikanwendungen
- Datengetriebene Modellbildung und Simulation sowie Integration mit KI-Verfahren zur Entscheidungsunterstützung
- Integration und Anwendung von generativer KI, insb. Large Language Models (LLM), für industrielle Problemstellungen

Lehraktivitäten

- Bachelorstudiengang »AI Engineering – Künstliche Intelligenz in den Ingenieurwissenschaften«
 - Entwicklung und Projektierung von industriellen KI-Systemen
 - Reinforcement Learning und Metaheuristiken für ingenieur-wissenschaftliche Optimierungsprobleme
 - Ganz viele praxisnahe Projekte
- Für FMB-Masterstudiengänge: KI-Grundlagen mit Anwendungsschwerpunkt auf Produktion und Logistik

Einsatz von Reinforcement Learning zur autonomen Steuerung von Robotern

- Einsatz von Reinforcement Learning für **kollisionsfreie Trajektoriengenerierung** und Inhandmanipulation



- Motivation: Viele industrielle Prozesse werden nicht automatisiert, ...
 - ...Automatisierungsprojekte kostspielig sind (insbesondere für regionale KMU) und / oder
 - ...weil bestimmte industrielle Prozesse schwer zu automatisieren sind, aufgrund von dynamischen Einsatzbedingungen, Prozessvarianzen oder weil die zu automatisierende Aufgabe ein hohes Maß an Fingerfertigkeit erfordert

Einsatz von Reinforcement Learning zur autonomen Steuerung von Robotern

■ Einsatz von Reinforcement Learning für kollisionsfreie Trajektorien-generierung und Inhandmanipulation

Problem: Reinforcement Learning wird derzeit kaum oder überhaupt nicht in der Industrie eingesetzt



■ Motivation: Viele industrielle Prozesse werden nicht automatisiert...

➔ **Woran liegt das?**

- ...Automatisierungsprojekte kostspielig sind (insbesondere für regionale KMU) und / oder
- ...weil bestimmte industrielle Prozesse schwer zu automatisieren sind, aufgrund von dynamischen Einsatzbedingungen, Prozessvarianzen oder weil die zu automatisierende Aufgabe ein hohes Maß an Fingerfertigkeit erfordert

Juniorprofessur »KI-Anwendung in Produktion und Logistik«

Forschungs- und Lehraktivitäten

Leitmotiv: Künstliche Intelligenz in die industrielle Anwendung bringen

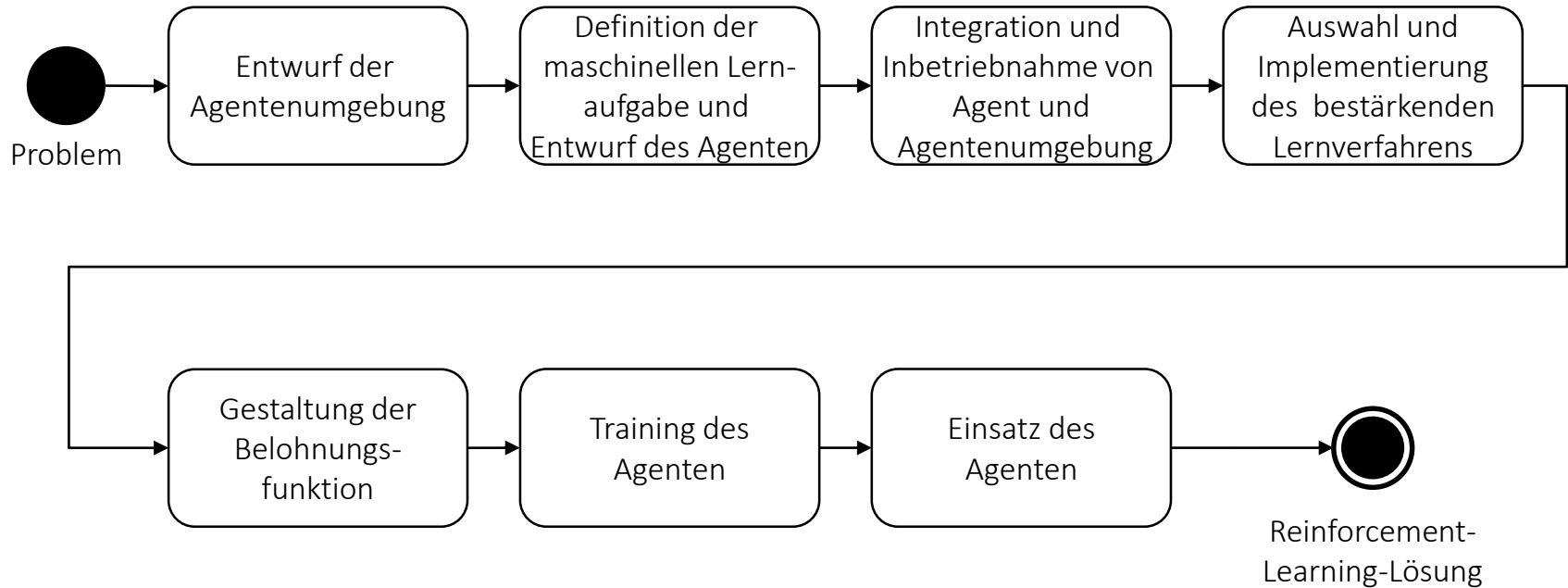
Forschungsaktivitäten

- Reinforcement Learning
 - für Ablaufplanungsprobleme in Produktion und Logistik
 - für Robotikanwendungen
- Datengetriebene Modellbildung und Simulation sowie Integration mit KI-Verfahren zur Entscheidungsunterstützung
- Integration und Anwendung von generativer KI, insb. Large Language Models (LLM), für industrielle Problemstellungen

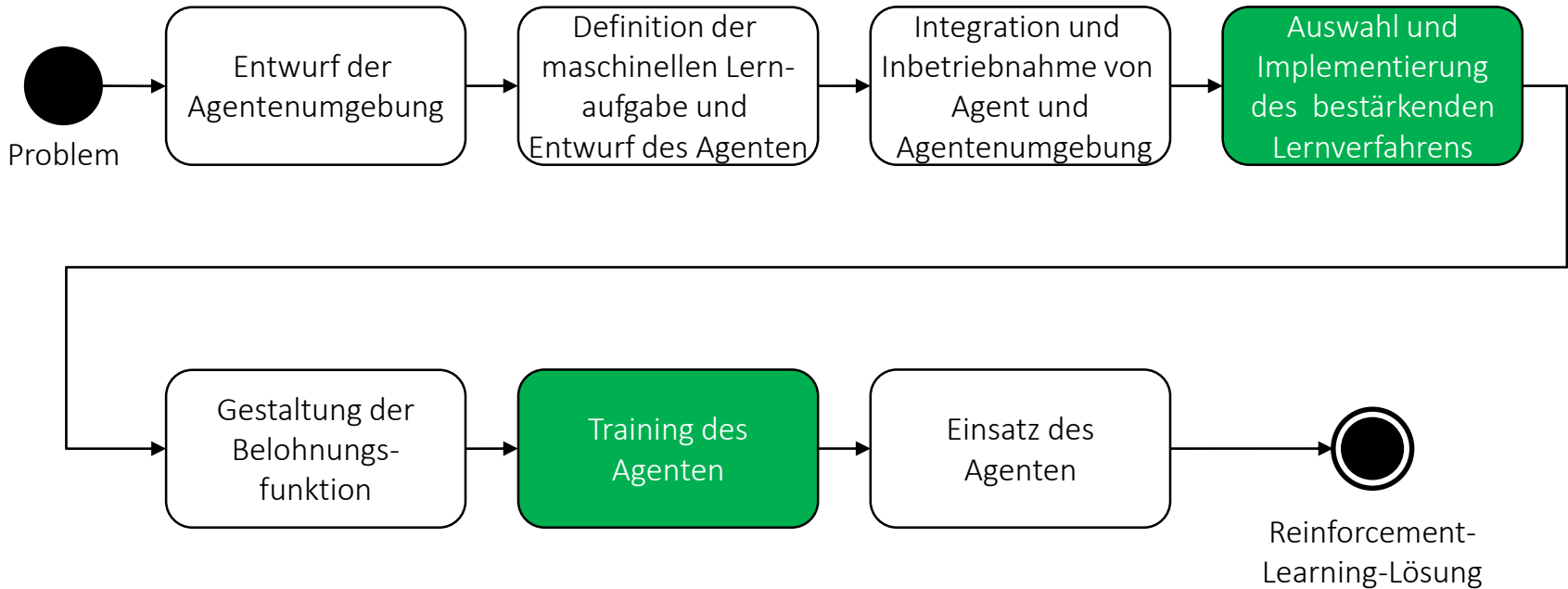
Lehraktivitäten

- Bachelorstudiengang »AI Engineering – Künstliche Intelligenz in den Ingenieurwissenschaften«
 - Entwicklung und Projektierung von industriellen KI-Systemen
 - Reinforcement Learning und Metaheuristiken für ingenieur-wissenschaftliche Optimierungsprobleme
 - Ganz viele praxisnahe Projekte
- Für FMB-Masterstudiengänge: KI-Grundlagen mit Anwendungsschwerpunkt auf Produktion und Logistik

Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf Reinforcement Learning basierenden Entscheidungssystemen

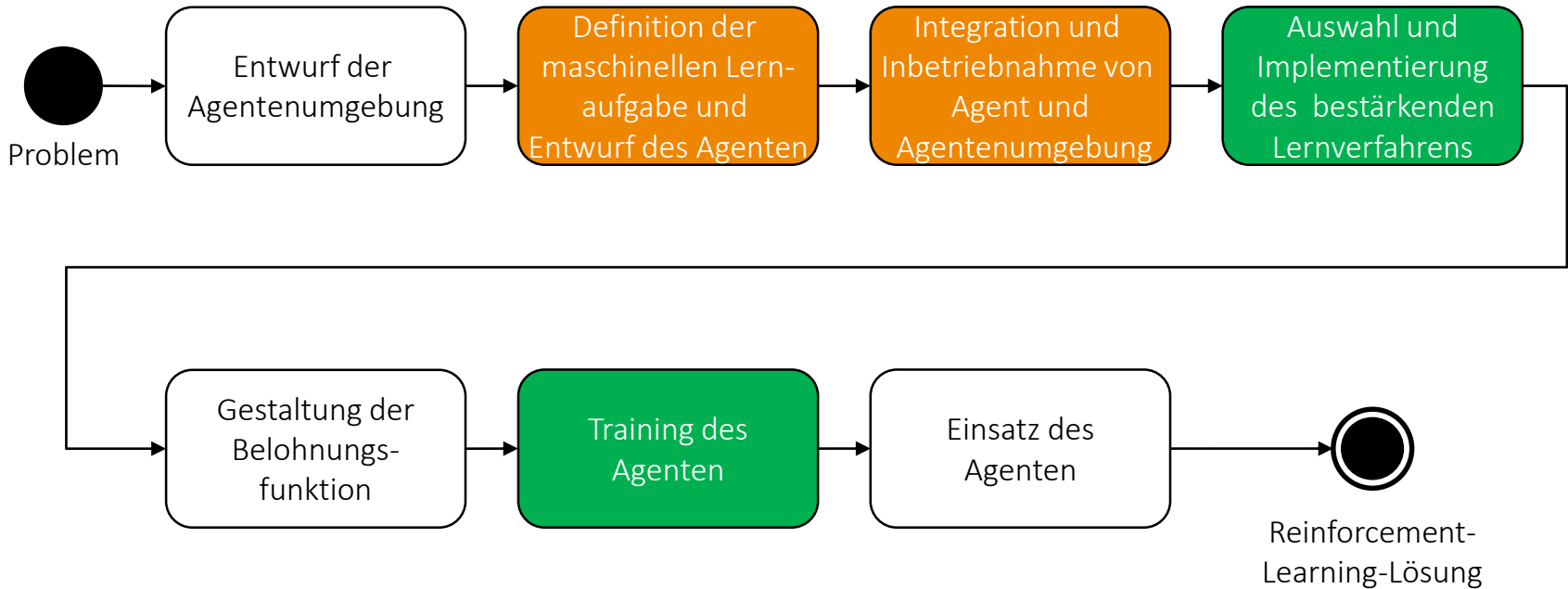


Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf Reinforcement Learning basierenden Entscheidungssystemen



Geringer Aufwand

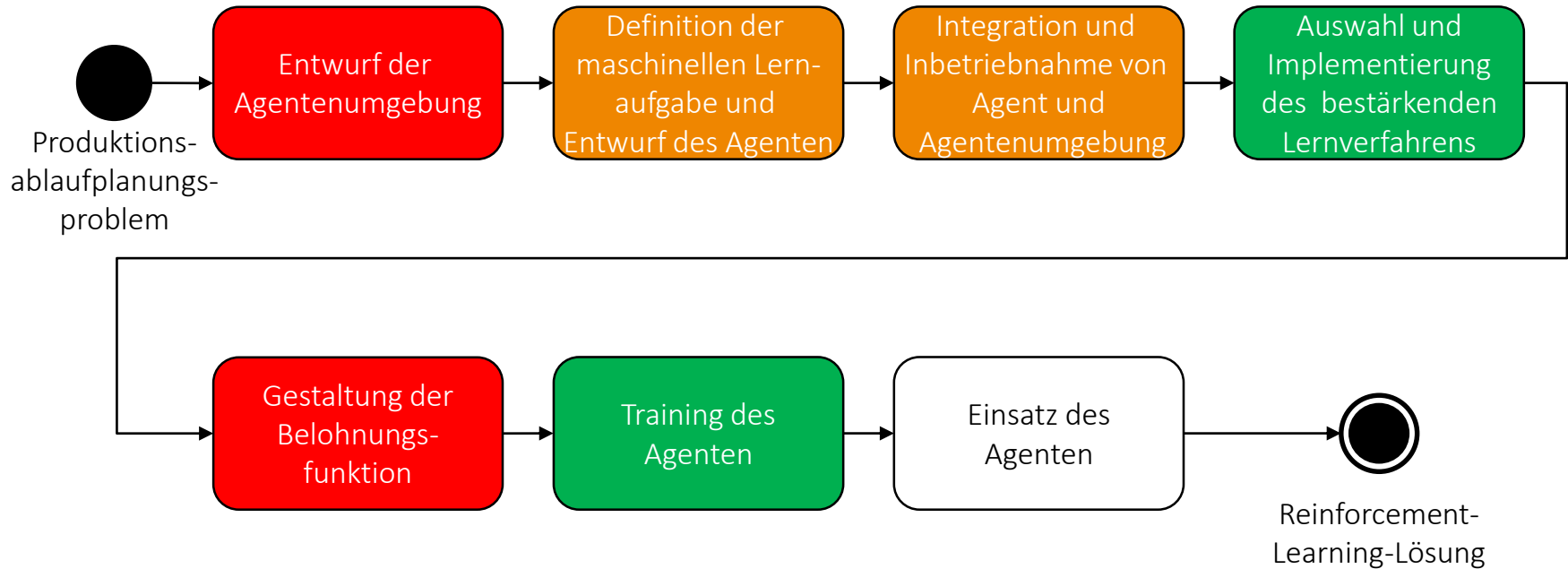
Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf Reinforcement Learning basierenden Entscheidungssystemen



Geringer Aufwand

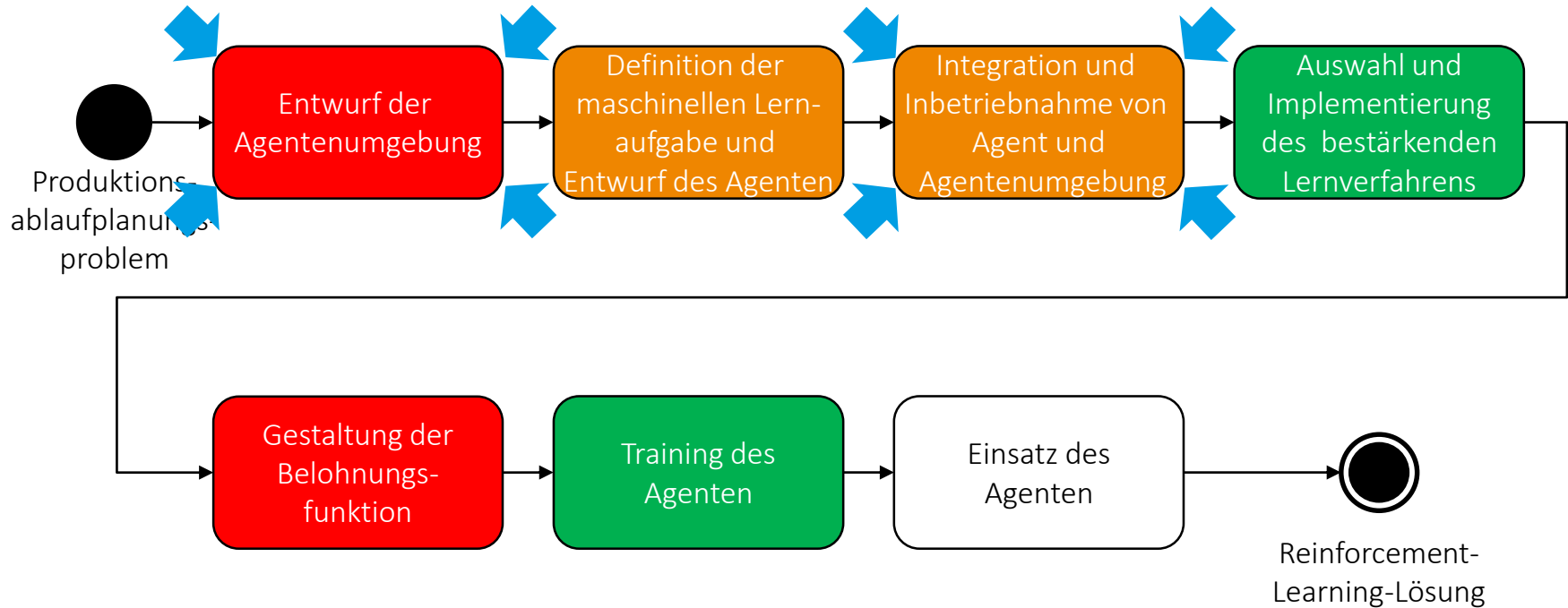
Mittlerer Aufwand

Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf bestärkenden Lernen basierenden Produktionsablaufsteuerungen



Geringer Aufwand
Mittlerer Aufwand
Hoher Aufwand

Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf bestärkenden Lernen basierenden Produktionsablaufsteuerungen

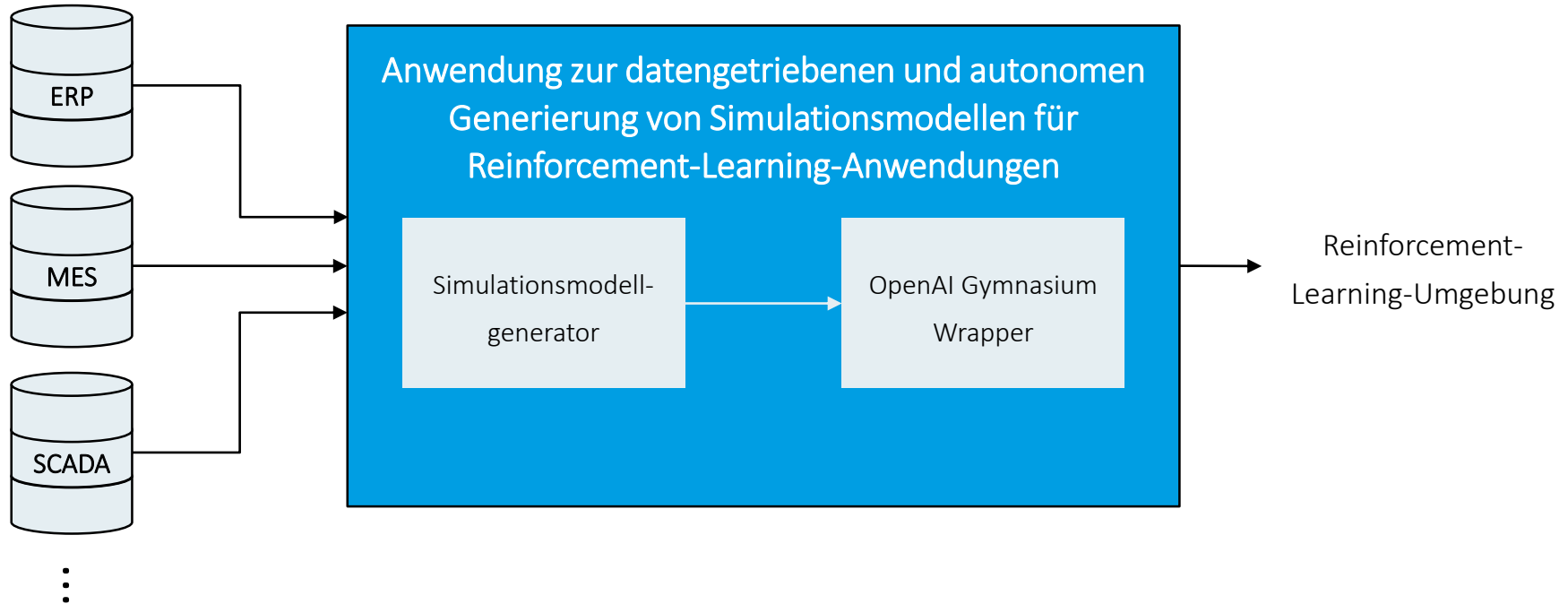


Geringer Aufwand

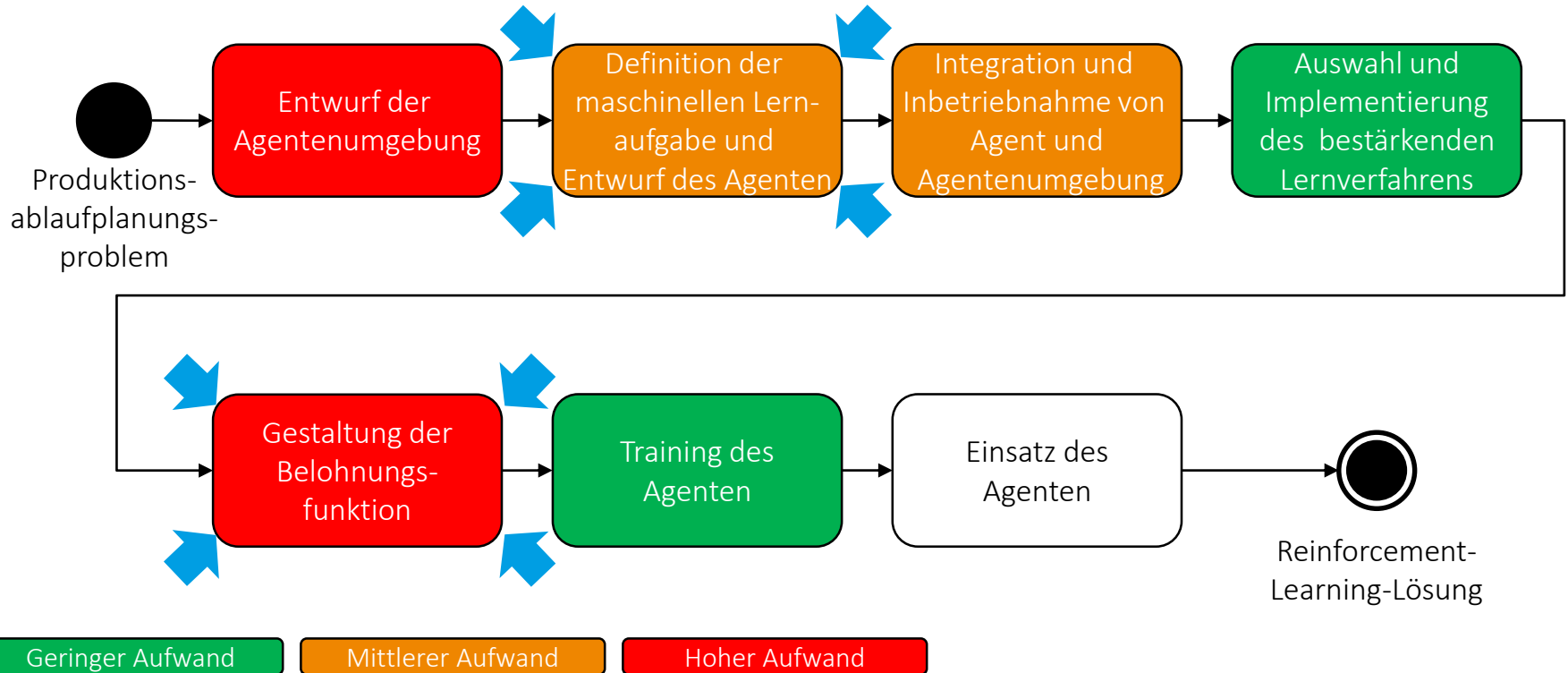
Mittlerer Aufwand

Hoher Aufwand

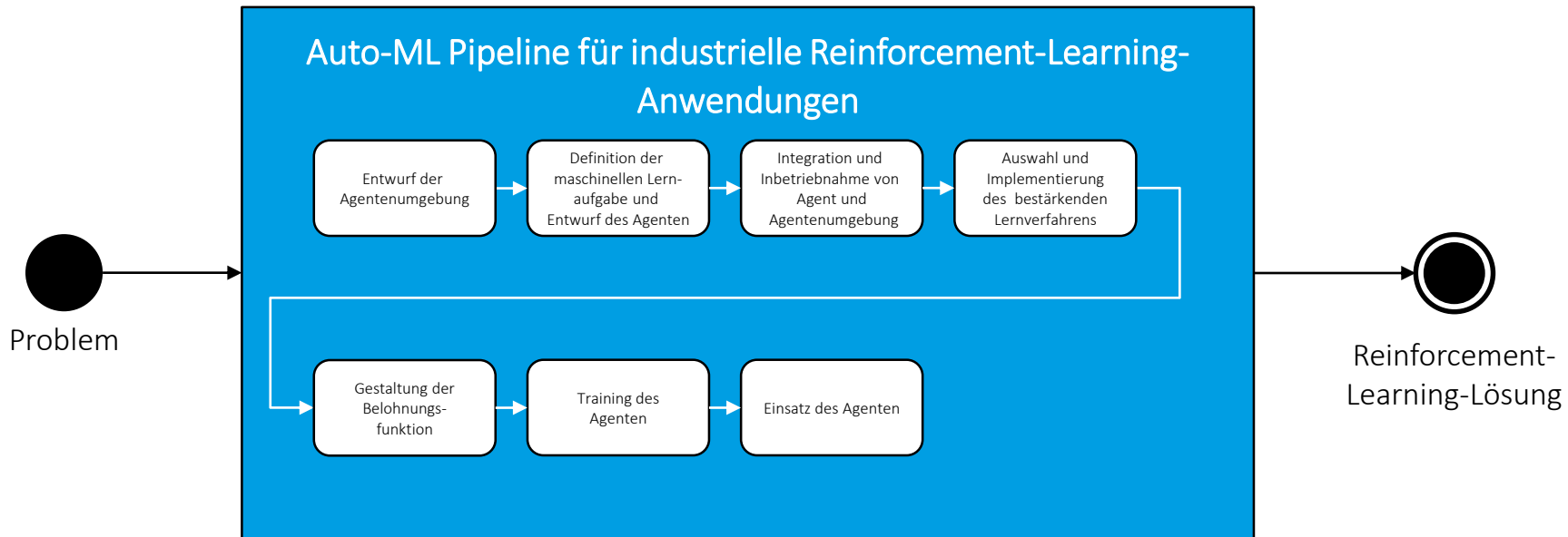
Datengetriebene und autonome Generierung von Simulationsmodellen für Reinforcement-Learning-Anwendungen



Vorgehensmodell zur Projektierung und Entwicklung von auf bestärkenden Lernen basierenden Produktionsablaufsteuerungen



Auto-ML Pipeline für industrielle Reinforcement-Learning-Anwendungen



Juniorprofessur »KI-Anwendung in Produktion und Logistik«

Forschungs- und Lehraktivitäten

Leitmotiv: Künstliche Intelligenz in die industrielle Anwendung bringen

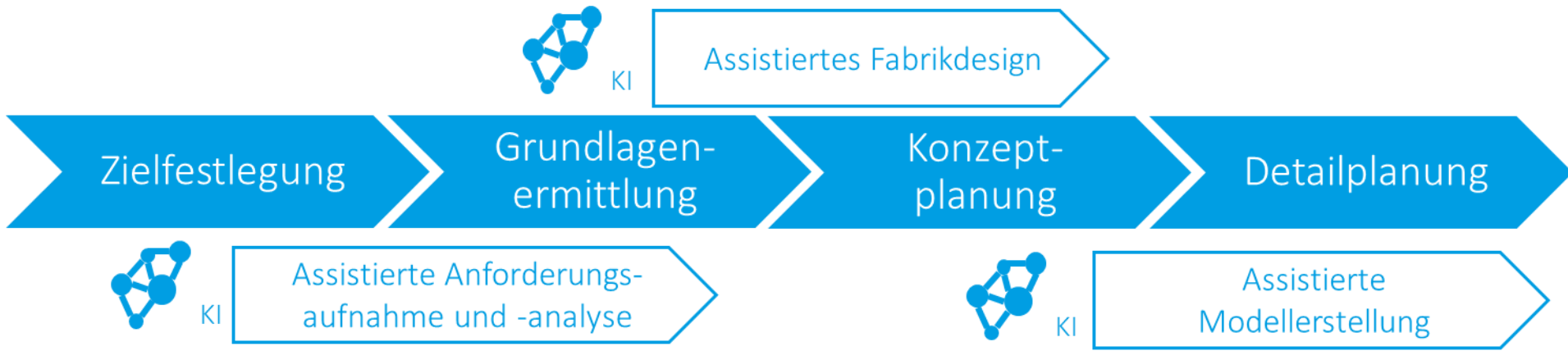
Forschungsaktivitäten

- Reinforcement Learning
 - für Ablaufplanungsprobleme in Produktion und Logistik
 - für Robotikanwendungen
- Datengetriebene Modellbildung und Simulation sowie Integration mit KI-Verfahren zur Entscheidungsunterstützung
- Integration und Anwendung von generativer KI, insb. Large Language Models (LLM), für industrielle Problemstellungen

Lehraktivitäten

- Bachelorstudiengang »AI Engineering – Künstliche Intelligenz in den Ingenieurwissenschaften«
 - Entwicklung und Projektierung von industriellen KI-Systemen
 - Reinforcement Learning und Metaheuristiken für ingenieur-wissenschaftliche Optimierungsprobleme
 - Ganz viele praxisnahe Projekte
- Für FMB-Masterstudiengänge: KI-Grundlagen mit Anwendungsschwerpunkt auf Produktion und Logistik

Einsatz von generativer KI als Assistenzsystem entlang des Fabrikplanungsprozesses



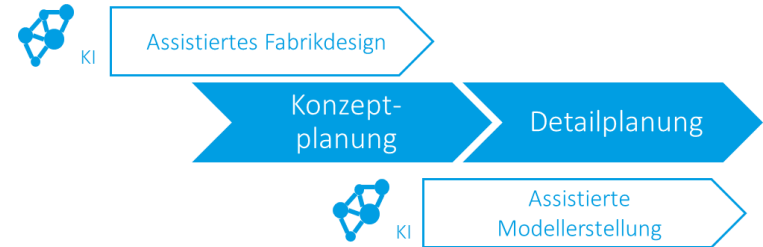
Einsatz von generativer KI als Assistenzsystem entlang des Fabrikplanungsprozesses

LLM-basiertes Wissensmanagement



- LLM wird mit Informationen aus
 - Fachbüchern, Normen und Richtlinien
 - vergangenen Fabrikplanungsprojekten angereichert bzw. trainiert
- LLM dient daraufhin als natürlichsprachliches Assistenzsystem mit Fabrikplanungsexpertise (analog der konventionellen Nutzung von webverfügbaren LLMs wie ChatGPT)

LLM-basierte Modellbildung



- **Zielstellung:** LLM soll Softwarewerkzeuge im Umfeld der Fabrikplanung beherrschen
- **Probleme:** Hohe Komplexität der Lernaufgabe und stochastische Einflüsse erscheinen eine direkte prozesssichere Werkzeugbeherrschung unmöglich zu machen
- **Lösung:** LLM erlernt nicht Werkzeugbeherrschung, sondern Informationen in strukturiertes Dateiformat zu überführen, aus welchem Modell geparst wird

Einsatz von generativer KI als Assistenzsystem entlang des Fabrikplanungsprozesses

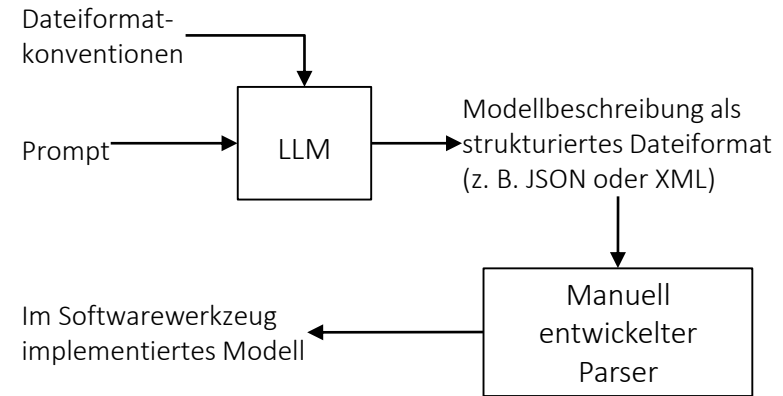
LLM-basiertes Wissensmanagement



- LLM wird mit Informationen aus
 - Fachbüchern, Normen und Richtlinien
 - vergangenen Fabrikplanungsprojekten angereichert bzw. trainiert
- LLM dient daraufhin als natürlichsprachliches Assistenzsystem mit Fabrikplanungsexpertise (analog der konventionellen Nutzung von webverfügbaren LLMs wie ChatGPT)

LLM-basierte Modellbildung

- **Lösung:** LLM erlernt nicht Werkzeugbeherrschung, sondern Informationen in strukturiertes Dateiformat zu überführen, aus welchem Modell geparkt wird



- **Vorteil:** Drastisch vereinfachte Lernaufgabe (Komplexität wird auf Parser ausgelagert), prozesssicher(er), skalierbar

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Sebastian Lang



Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Juniorprofessur für KI-Anwendung in Produktion und Logistik

Institut für Engineering von Produkten und Systemen

Fakultät für Maschinenbau

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

+49 (0) 391 67-57299

sebastian.lang@ovgu.de



Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Geschäftsfeld Robotersysteme

Arbeitsgruppe Kognitive Robotik

Sandtorstr. 22, 39106 Magdeburg

+49 (0) 391 4090-281

sebastian.lang@iff.fraunhofer.de

