Künstliche Intelligenz (KI) und agententische Systeme im Stromhandel

EnfoSaar-Jahrestagung 2026,

Henrik Mantke, Marc Deissenroth-Uhrig, Georg Frey

Inhalte basieren auf Ergebnissen der vom BMWE geförderten Projekte:

- BETS - Analyse von Bietstrategien und deren Einfluss auf den Strompreis im EU-Binnenmarkt
- ModellEEGe - Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften (EEGe) als Promotoren der Energiewende unter ökologischer, wirtschaftlicher und sozialgemeinschaftlicher Perspektive - Modell zur Umsetzung von EEGe

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Agenda

1. Stromhandel
2. Agentische Systeme
3. Künstliche Intelligenz
4. Kurzerläuterung AMoRE
5. Anwendung in AMoRE-REC
6. Anwendung in AMoRE-RL

1 Stromhandel

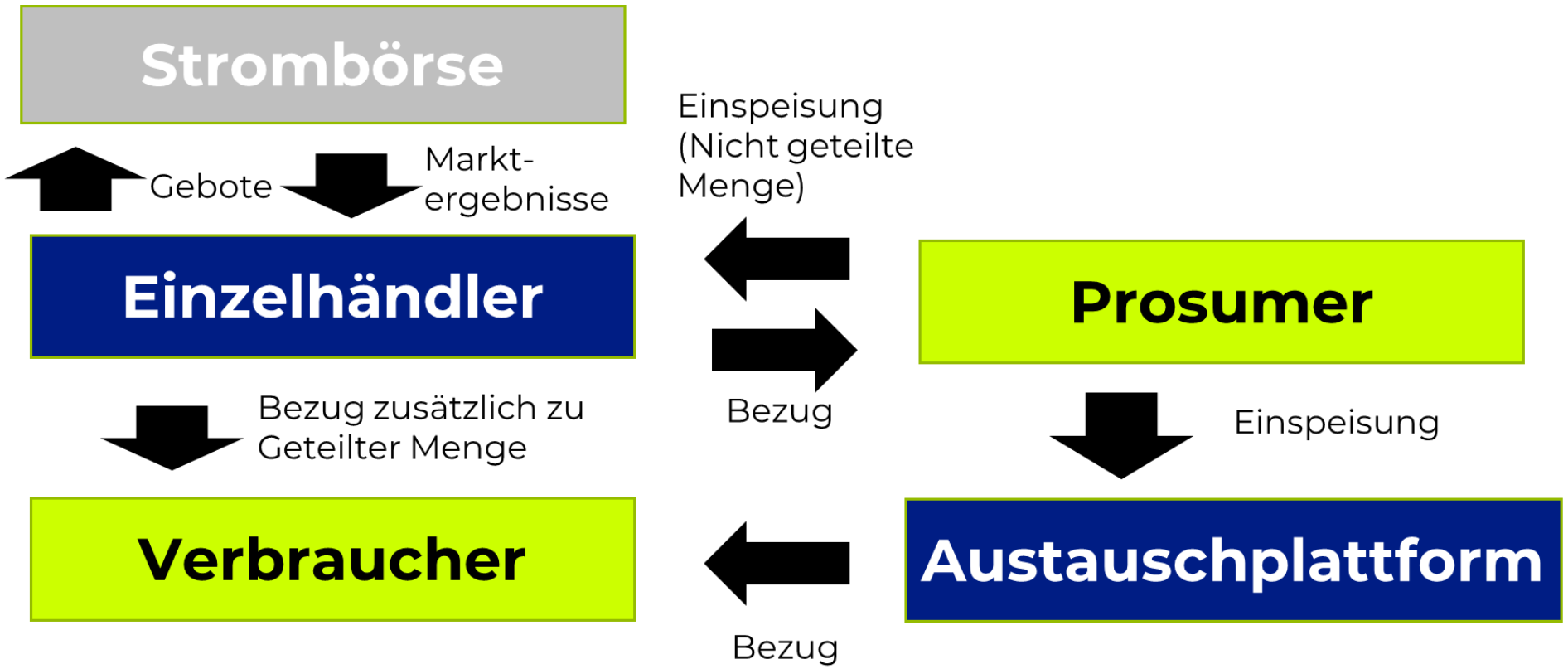
Sequentieller Aufbau des Marktes

M Markt	H Handelszeitraum	F Funktion
1 Terminmarkt	1 Kontinuierlich	1 Absicherungsgeschäfte
2 Regelleistungsmarkt	2 Bis Vortag	2 Absicherung für die Bereitstellung von Regelenergie
3 **Vortägiger Handel (Day ahead)**	3 **Bis Vortag**	3 **Haupthandelsplatz**
4 Regelenergiemarkt	4 Bis 1 Stunde vor Lieferzeitraum	4 Kurzfristige Bereitstellung von Regelenergie
5 Innertägiger Handel (Intraday)	5 Kontinuierlich	5 Ausgleich von Prognoseungenauigkeiten

6 Anschließend: Redispatch, Abruf von Regelenergie, Pönalisierung von Ungleichgewichten



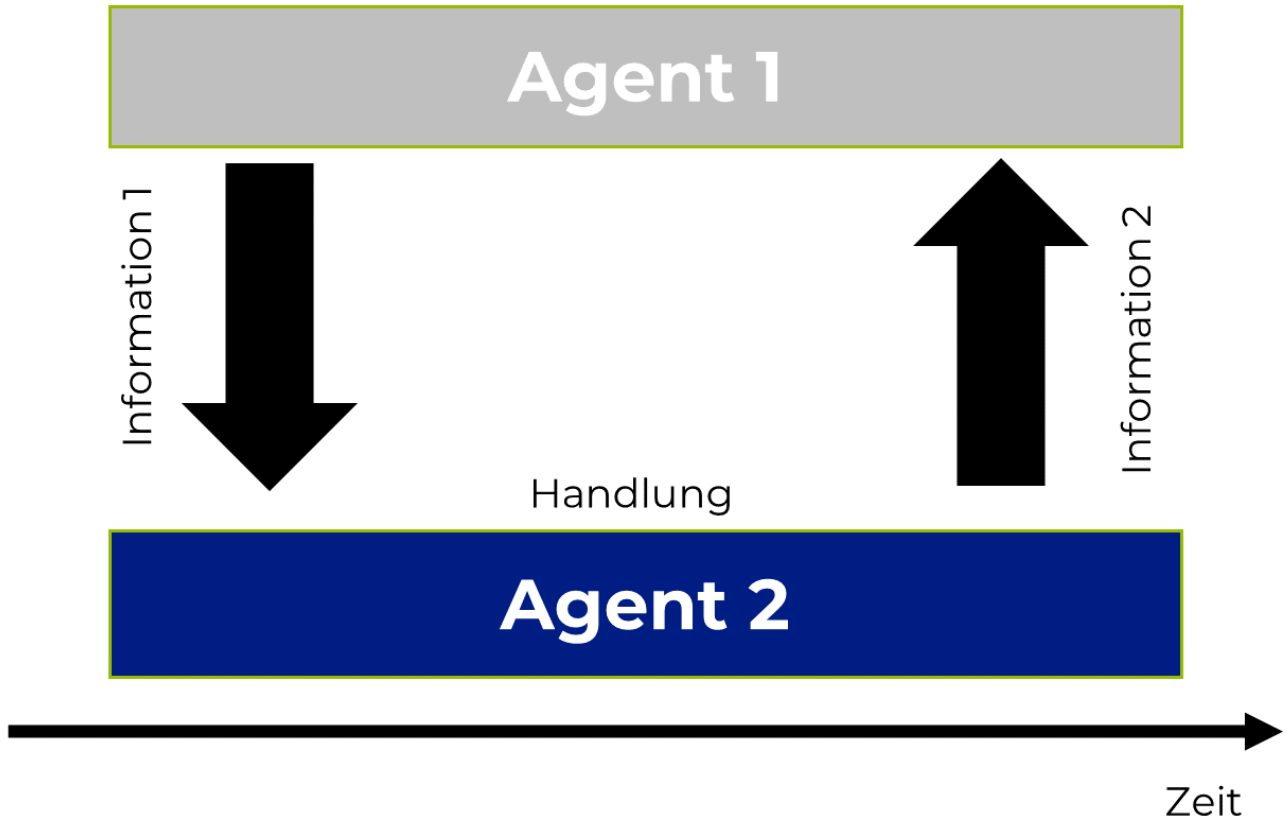
Energieteilen



2

Agentische Systeme

Agentenbasiertes Modell (ABM)



Vorteile eines agentenbasierten Modells für den Strommarkt

A Allgemein

1. Nutzung einfacher Teiloptimierungen in einer komplexen Gesamtoptimierung
2. Einfacher Bezug zur Realität durch Agentenschema
3. Dynamische Gleichgewichte simulierbar
4. Integration von verschiedenen Agententypen (statisch, dynamisch, KI-unterstützt)

I Im Strommarkt

1. Einzeloptimierungen von Händlern, Kraftwerksbetreibern, Stromhandelsplatzbetreibern
2. Strommarktstruktur fast 1 zu 1 umsetzbar
3. Stromhandel ist dynamisch
4. Sowohl einfaches Bieten mit marginalen Kosten als auch strategisches Bieten abbildbar

Beispiel Modell AMIRIS

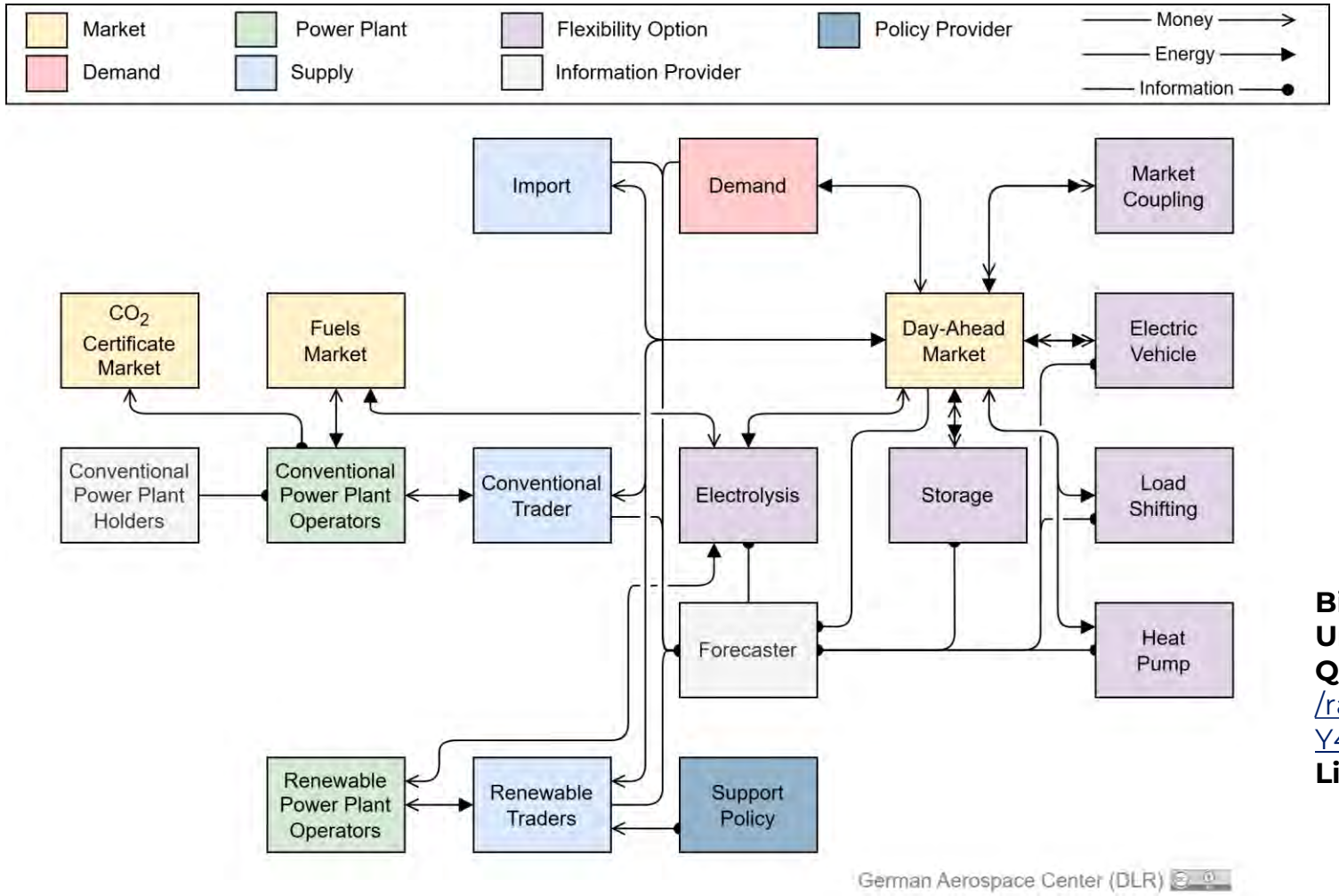


Bild: AMIRIS ModellSchema (CC BY 4.0)
Urheber: DLR / AMIRIS-Projektgruppe
Quelle: https://gitlab.com/dlr-ve/esy/amiris/amiris/-/raw/dev/docs/uploads/AMIRIS_ModellSchema_CCBY4.png
Lizenz: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

EnFo Saar

3

Künstliche Intelligenz (KI)

Arten von KI und KI-Agentensystemen

UL

Unüberwachtes Lernen

- Keine Regeln
- Ausprobieren und Lernen

ÜL

Überwachtes Lernen

- Regeln vorgegeben
- Lernen innerhalb von Grenzen

EA

Ein Agent

- Anwendung auf einen Agenten

MA

Mehrere Agenten

- Anwendung auf mehrere Agenten
- Aktionen der Agenten werden gemeinsam erlernt

Vorteile der Nutzung von KI für die Abbildung von Agenten im Strommarkt

1. **Strategie muss vorher nicht bekannt sein**
2. **Komplexe Strategien abbildbar**
3. **Besonders bei Abbildung neuer Teilnehmer sinnvoll**
4. **Abbildung neuer Strategien auch bei Wechsel der Dominanz im Markt**
5. **Strategien anpassbar durch neues Training**

4

Kurzerläuterung AMoRE

AMoRE - Agent-based Model of Renewable Energies

1. **Basiert auf dem FAME-Framework[1]**
2. **Weiterentwicklung zu AMIRIS[2]**
3. **Teil AMoRE-REC bildet Erneuerbare-Energiegemeinschaft (EEGe)**
4. **Teil AMoRE-RL integriert unüberwachtes Lernen in AMIRIS**
5. **Ergänzungen weiterer Strategien in Arbeit**



Agent-based Model of Renewable Energies – Renewable Energy Communities



Agent-based Model of Renewable Energies – Reinforcement Learning

1: Christoph Schimeczek, Marc Deissenroth-Uhrig, Ulrich Frey, Benjamin Fuchs, A. Achraf El Ghazi, Manuel Wetzel & Kristina Nienhaus (2023). FAME-Core: An open Framework for distributed Agent-based Modelling of Energy systems. Journal of Open Source Software. doi: 10.21105/joss.05087

2: Schimeczek et al., (2023). AMIRIS: Agent-based Market model for the Investigation of Renewable and Integrated energy Systems. Journal of Open Source Software, 8(84), 5041, https://doi.org/10.21105/joss.05041

5

Anwendung in AMoRE-REC Simulation einer Energiegemeinschaft

Agenten im Modell



Verbraucher außerhalb der EEGe
mit individueller Eigenverbrauchsoptimierung



Verbraucher innerhalb der EEGe
mit individueller Eigenverbrauchsoptimierung



Verbraucher innerhalb der EEGe
mit gemeinschaftliche Eigenverbrauchsoptimierung



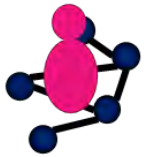
Prosumer außerhalb der EEGe
mit individueller Eigenverbrauchsoptimierung



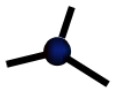
Prosumer innerhalb der EEGe
mit individueller Eigenverbrauchsoptimierung



Prosumer innerhalb der EEGe
mit gemeinschaftliche Eigenverbrauchsoptimierung



Netzbetreiber



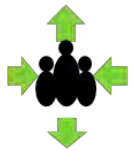
Netzknoten



Datenaustauschdienst

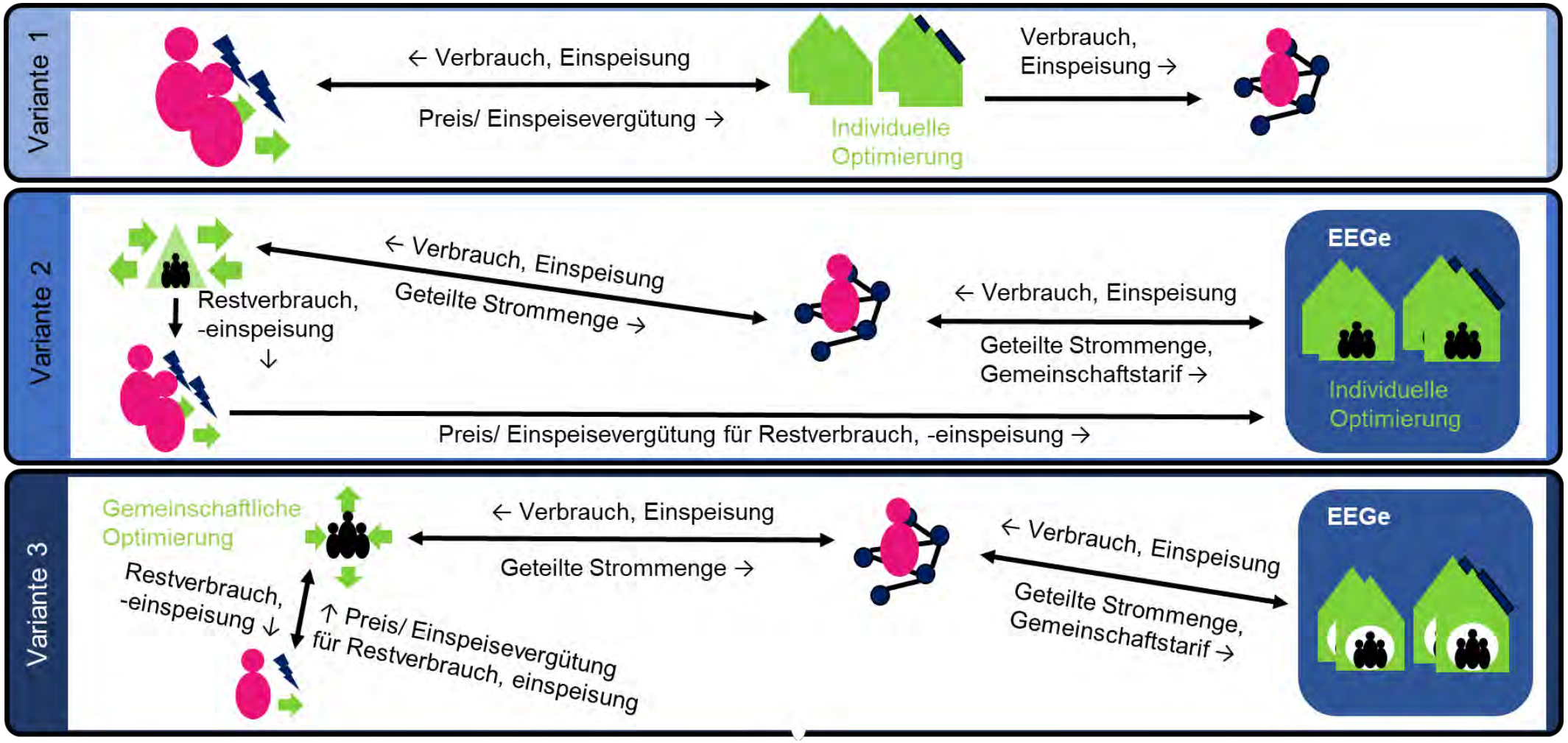


Stromversorger



Gemeinschaftsmanager

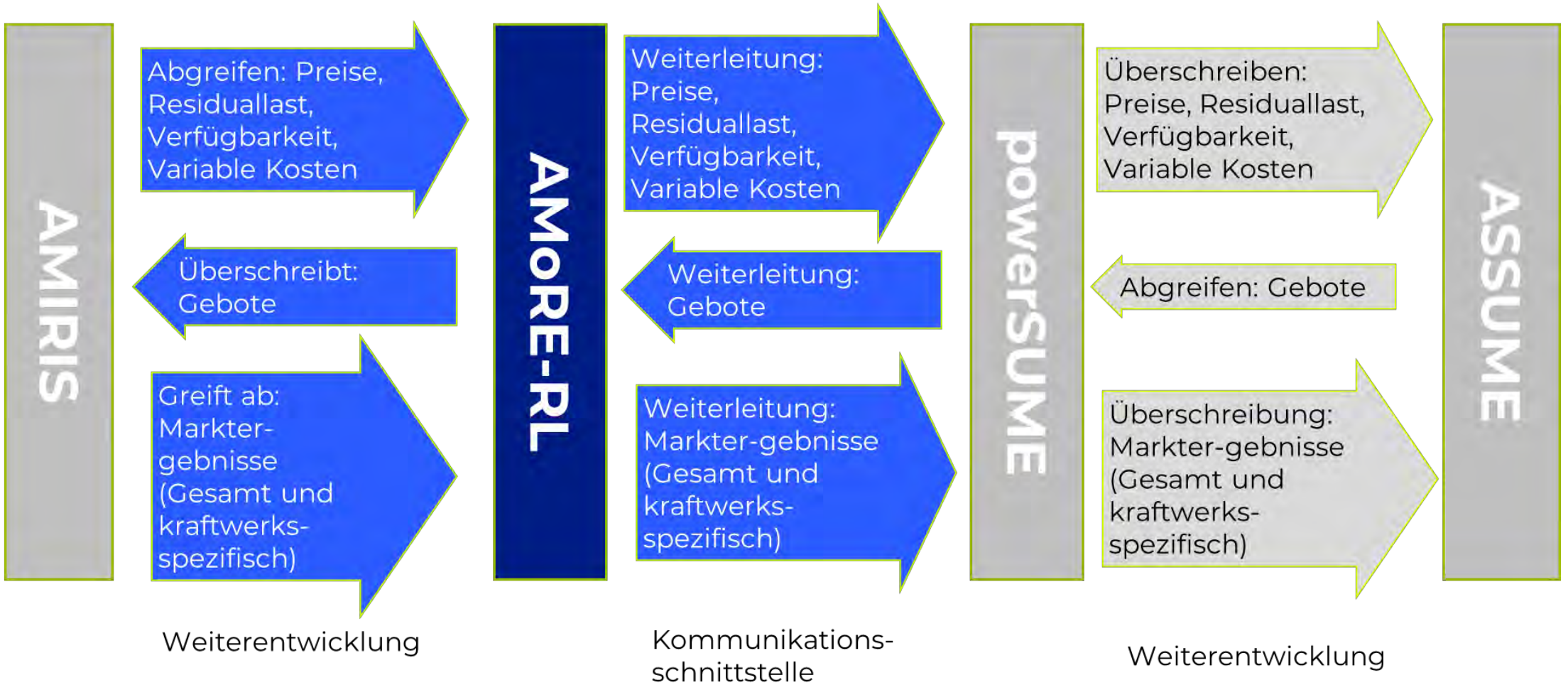
Modellstruktur



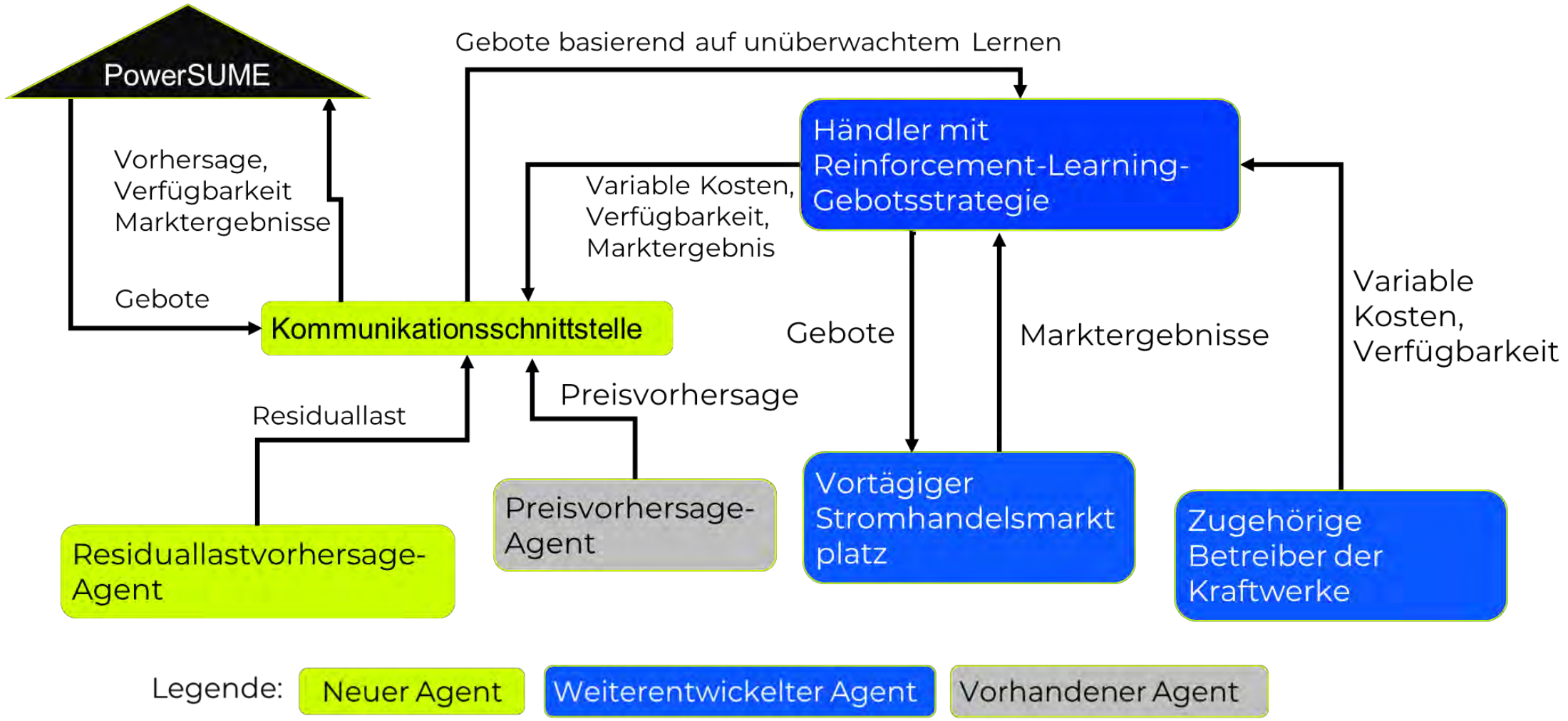
6

Anwendung in AMoRE-RL Unüberwachtes Lernen für Abbildung in Strategische Bieten

Modell als Integration von unüberwachtem Lernen für Bietstrategien



Aufbau und Kommunikationsstruktur



Zusammenfassung

- Strommarkt ist komplexes System
- Agentische Systeme bilden die Dynamiken im Strommarkt ab
- KI macht Strategien anpassbar
- AMoRE als Weiterentwickung von AMIRIS für
  - Die Abbildung einer EEGe
  - Integration von Bietstrategien auf Basis unüberwachten Lernens

EnFo Saar



EnFo Saar

www.enfosaar.de

htw saar

UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

IZES
Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme

dfki ai

Gefördert aus dem Transformationsprogramm Forschung und Wissens-transfer Saar durch:

Ministerium der Finanzen und für Wissenschaft
SAARLAND