

Hintergrund

Dezentrales Energiemanagement im Niederspannungsnetz bietet die Möglichkeit das elektrische Verteilnetz durch gezielte Leistungsverschiebung zu entlasten, wird dabei allerdings mit der Problematik **stark heterogener Energiesysteme** konfrontiert. Bei der Konzeptionierung eines einheitlich umsetzbaren Managementsystems sind bei der Regelung über eine **klassische Flusststeuerung** des Programmablaufs **exponentielle Komplexitätsprobleme** festzustellen, welche durch den Einsatz **wissensbasierter Systemstrukturen** gelöst werden können.

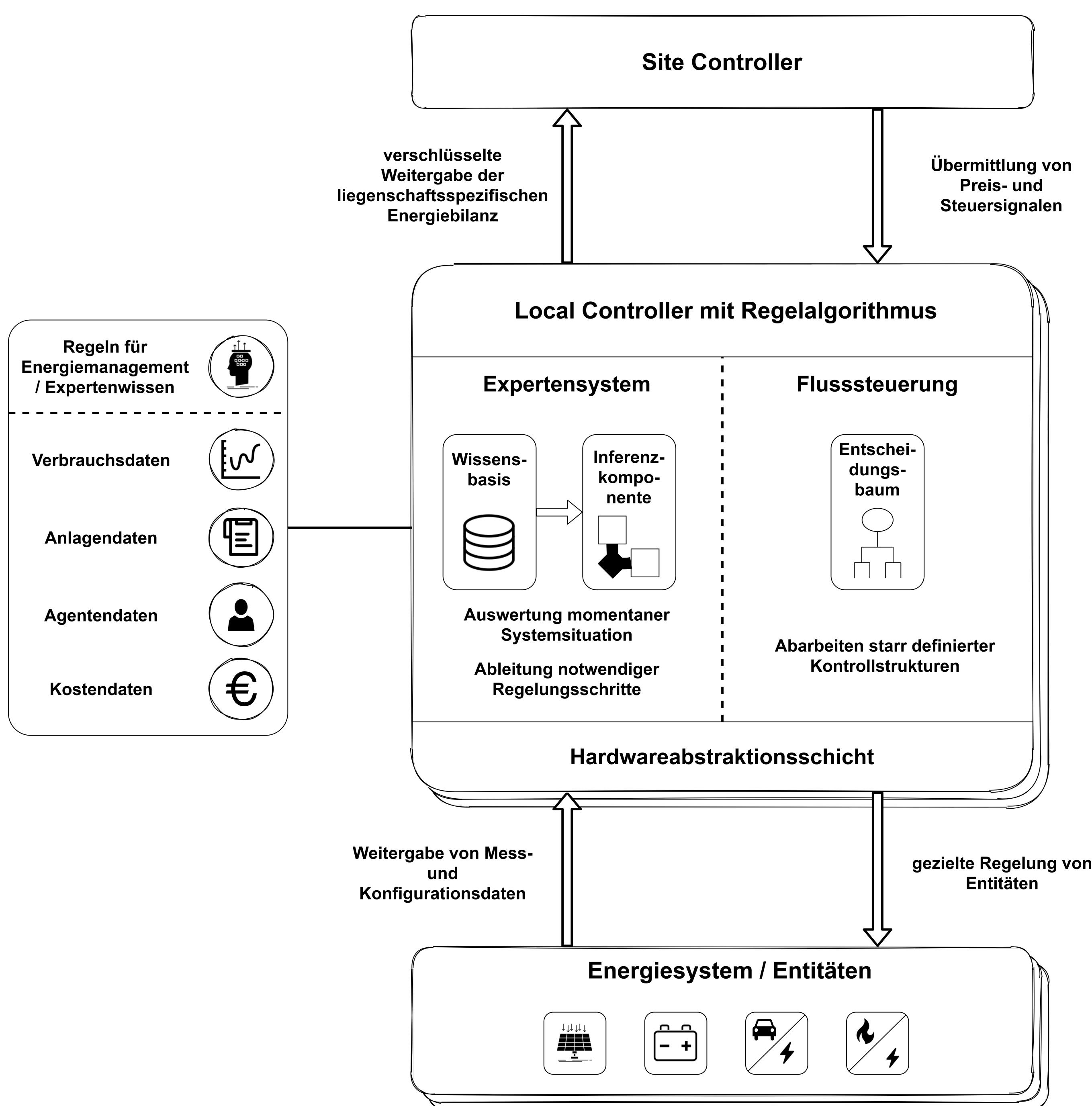


Abbildung 1: Konzept des dezentralen Energiemanagementsystems mit Unterscheidung möglicher Regelalgorithmen des Local Controllers

Anwendungsfelder des EMS

- » optimierte Betriebsweise nach zeitvariablen Stromtarifen
- » Reduktion von Netzentgelten durch Spitzenglättung
- » aggregiertes Anbieten und Abrufen von Systemdienstleistungen wie Regelenergie

Konzept des Energiemanagementsystems

An der HTWK Leipzig wird im Rahmen des SUSI-Projekts (Smart Utilities and Sustainable Infrastructure Change) ein dezentrales Energiemanagementsystem (EMS) entwickelt. Die Grundstruktur des Systems ist durch eine hierarchische Architektur geprägt, bei der ein zentraler Site Controller die Koordination mehrerer in den Liegenschaften integrierter Local Controller übernimmt. Diese sind für die Regelung der jeweiligen liegenschaftseigenen Energiesysteme zuständig (vgl. Abb. 1). Das EMS passt anwendungsfallabhängig die Regelgrößen anhand von technisch-physikalischen und sozioökonomischen Gesichtspunkten an.

Regelungsstrukturen

Die Implementierung **klassischer Kontrollflussmethoden** erfolgte durch direkte Einbettung in den Quellcode des Local Controllers. Energiesysteme mit geringen Komplexitätsstufen, bspw. mit nur einem anzusteuern flexiblen Verbraucher, können so vergleichsweise einfach ausgeregelt werden. Allerdings entstehen dadurch schnell **stark verzweigte und starre Entscheidungsbäume**, die nur unter großem Aufwand oder durch parallele Neudefinition an unterschiedliche Energiesystemkonfigurationen angepasst werden können. Um den absehbaren Problemen der Flusststeuerung zu begegnen wird für die Regelung ein **Expertensystem** angelegt. Als Framework für die Implementierung kommt die eigenständige Software CLIPS zur Anwendung und wird in das Programm des Local Controllers eingebettet. **Steuerung und Logik** des Regelalgorithmus werden dadurch **voneinander getrennt** und heterogene Energiesystemstrukturen auf einzelne Regeln für spezifische Entitäten heruntergebrochen. Die Regeln im Energiemanagement sind damit nicht mehr ab Programmstart miteinander verknüpft, sondern werden dynamisch in Abhängigkeit der Bestandteile des Energiesystems und der jeweiligen Systemsituation selbstständig vom Expertensystem aus einer Wissensbasis geladen und temporär verkettet.

Kontrollflussregelung

- + geringerer Implementierungsaufwand innerhalb der Standardfunktionalitäten der jeweiligen Programmiersprache
- + schnelle Lösungsfindung
- große statische Entscheidungsbäume
- Regelprüfung von ggf. nicht vorhandenen Objekten
- Reihenfolge der Regeln lässt sich nicht dynamisch anpassen

Expertensystem

- + Regeln unabhängig voneinander und offline validierbar
- + Regeln werden nach Situation im Energiesystem ausgewählt
- + Regeln lassen sich individuell gewichten
- nur mit zusätzlicher Software oder erheblicher Programmierarbeit implementierbar
- bei großer Regelanzahl langsamer

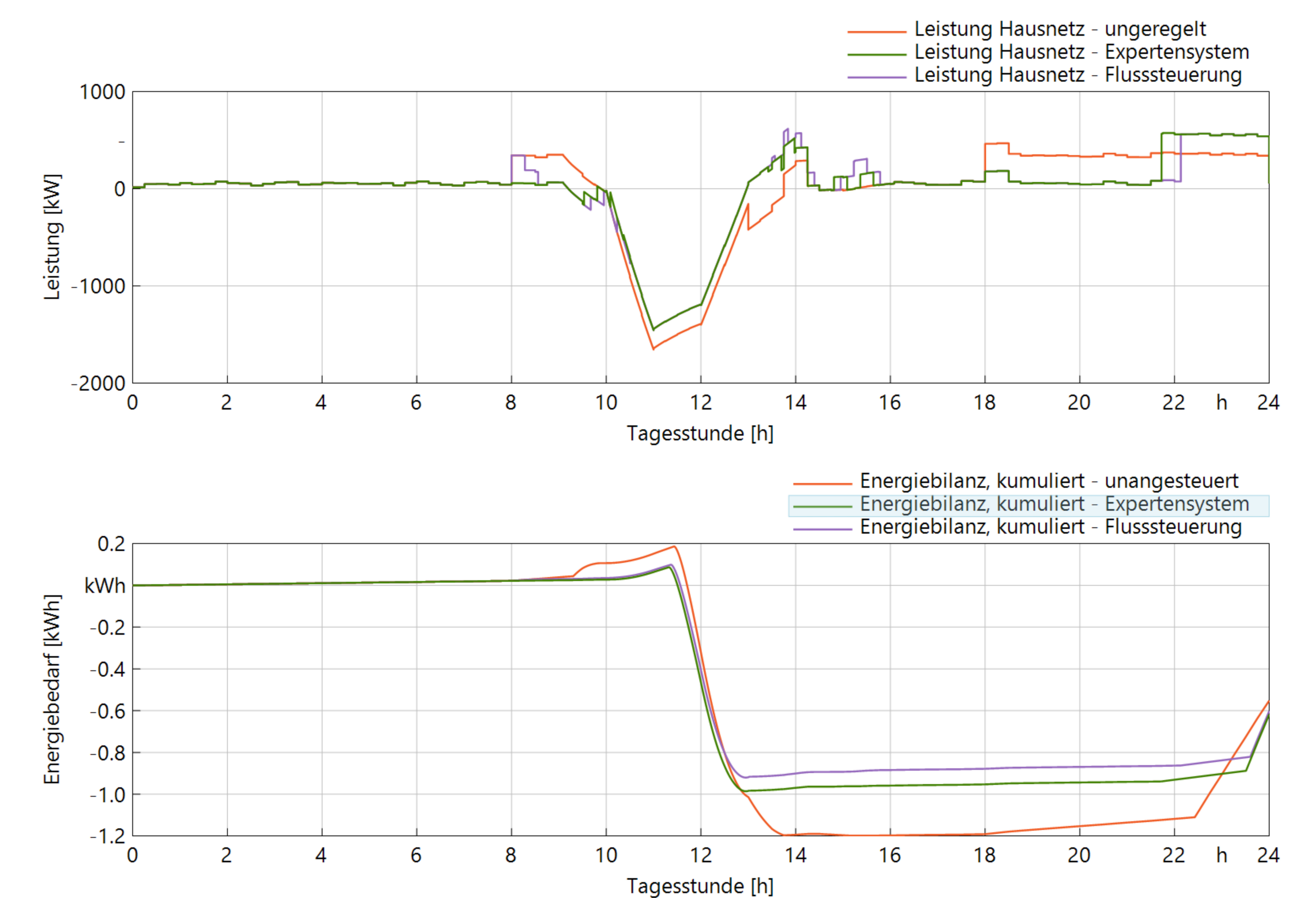


Abbildung 2: Simulationsergebnisse der verschiedenen Regelalgorithmen für ein Energiesystem bestehend aus PV-Anlage, Batteriespeicher, flexiblen Verbraucher und unsteuerbarer Hauslast nach Lastprofil an einem Beispieltag

Fazit

Anhand der Simulationen zur Gegenüberstellung der Regelalgorithmen nach Abb. 2 ist kein nennenswerter qualitativer Ergebnisunterschied zwischen Expertensystem und Flusststeuerung zu erkennen. Daher stellen wir folgende Thesen auf:

- » **Expertensysteme** eignen sich dank einfacherer Erweiterbarkeit der Regeln und eigenständiger Anpassung der Regelreihenfolge besser als eine **Flusststeuerung** für die Anwendung im dezentralen Energiemanagementsystemen
- » Bedingt durch die Heterogenität und technischer sowie sozialer Dynamiken im Niederspannungsnetz sind komplexere Regelungen durch bspw. **Neuronale Netze** im Energiemanagement nicht den Expertensystemen vorzuziehen

Autoren: K. Paulitz; M. Hafemann; J. Braun; A. Pretschner; F. Derbel; J. Schneider

Kontakt: ken.paulitz@htwk-leipzig.de
+49 341 3076-1236