

Wettereinfluss auf den optimierten Betrieb von Energieerzeugungslandschaften

3. Informationstag Meteorologie und Umweltdienste in Mitteldeutschland

Dr. Sebastian Otto

Leipzig, 7. November 2019



Vorausdenken mit Energie



Überblick

I Meteorologie zwischen Wissenschaft und Energiewirtschaft

II LEM-Software

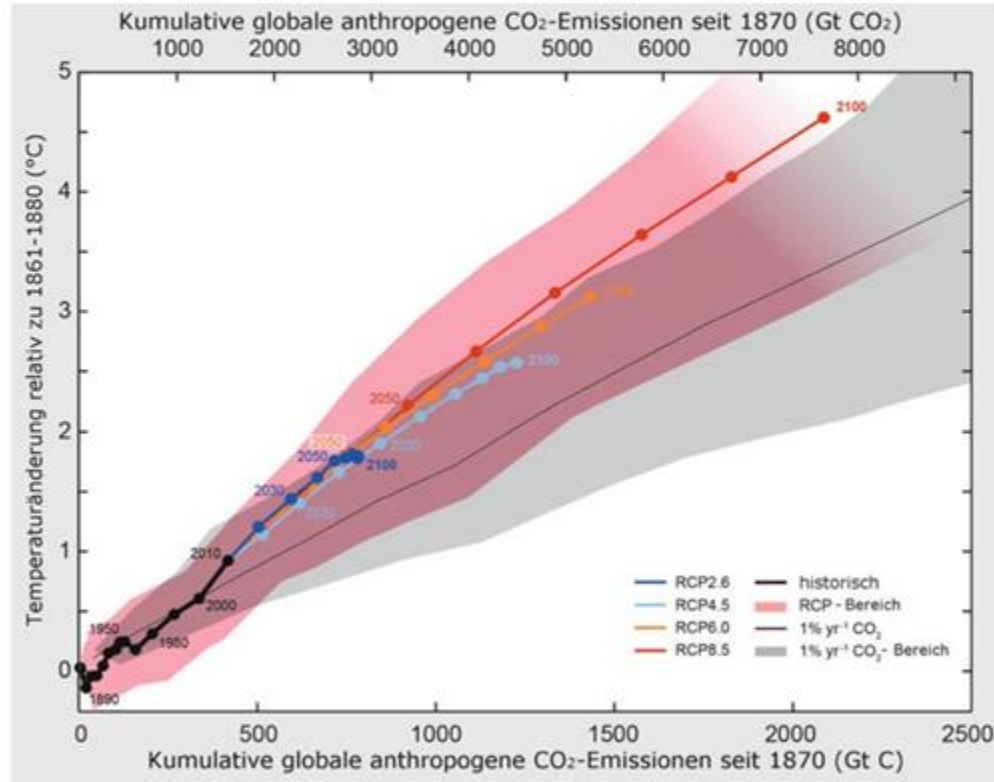
III Energieerzeugungslandschaften optimieren

IV Zusammenfassung

| Meteorologie zwischen Wissenschaft und Energiewirtschaft

Das Energie- und Klimaproblem

Mit zunehmendem Energie„bedarf“ steigen die Treibhausgasemissionen.



Brasseur G, Jacob D, Schuck-Zöller S, *Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-662-50396-6, 348 S, 2017

Das Klimaproblem ist die Folge des Energieproblems.

Das Energie- und Klimaproblem

Das Klimaproblem zu lösen heißt, das Energieproblem zu lösen.



Das Energie- und Klimaproblem

Warum Meteorologie studieren?

- Die Meteorologie ist zentraler Bestandteil der Lösung des Energie- und Klimaproblems.
- Wetter ist greifbar und allgegenwärtig, Wettervorhersage von täglicher Relevanz.
- Mit Mathematik, Physik und Informatik auf breiter Grundlage sein
- Theorie, Experiment und Anwendung bieten vielfältige Betätigungen

Was damit tun?

- Wissenschaft
- Öffentlicher Bereich/Verwaltung
- Energiebereich
- etc.

II LEM-Software

Software für den Energiebereich

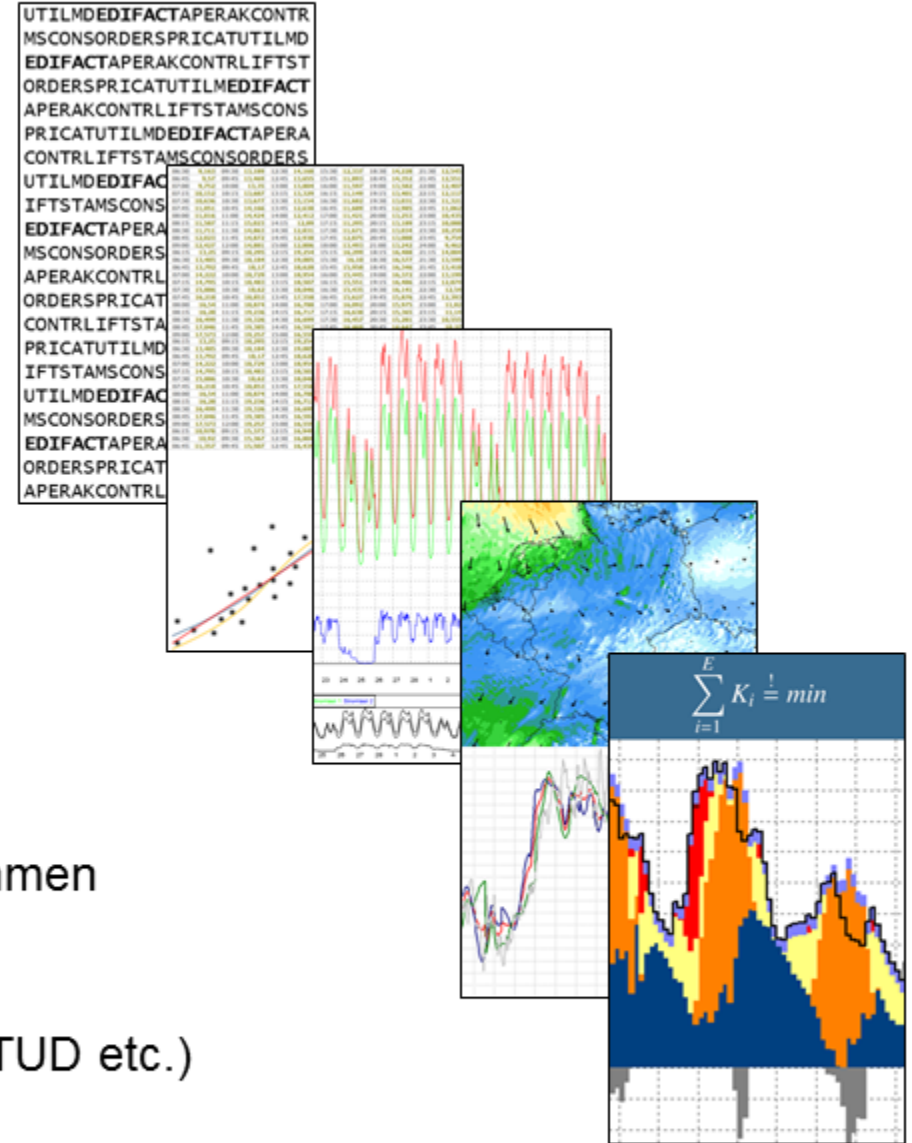
Ausgründung aus der Technischen Hochschule Leipzig 1997

Ingenieure, Informatiker, Geographen und Meteorologen

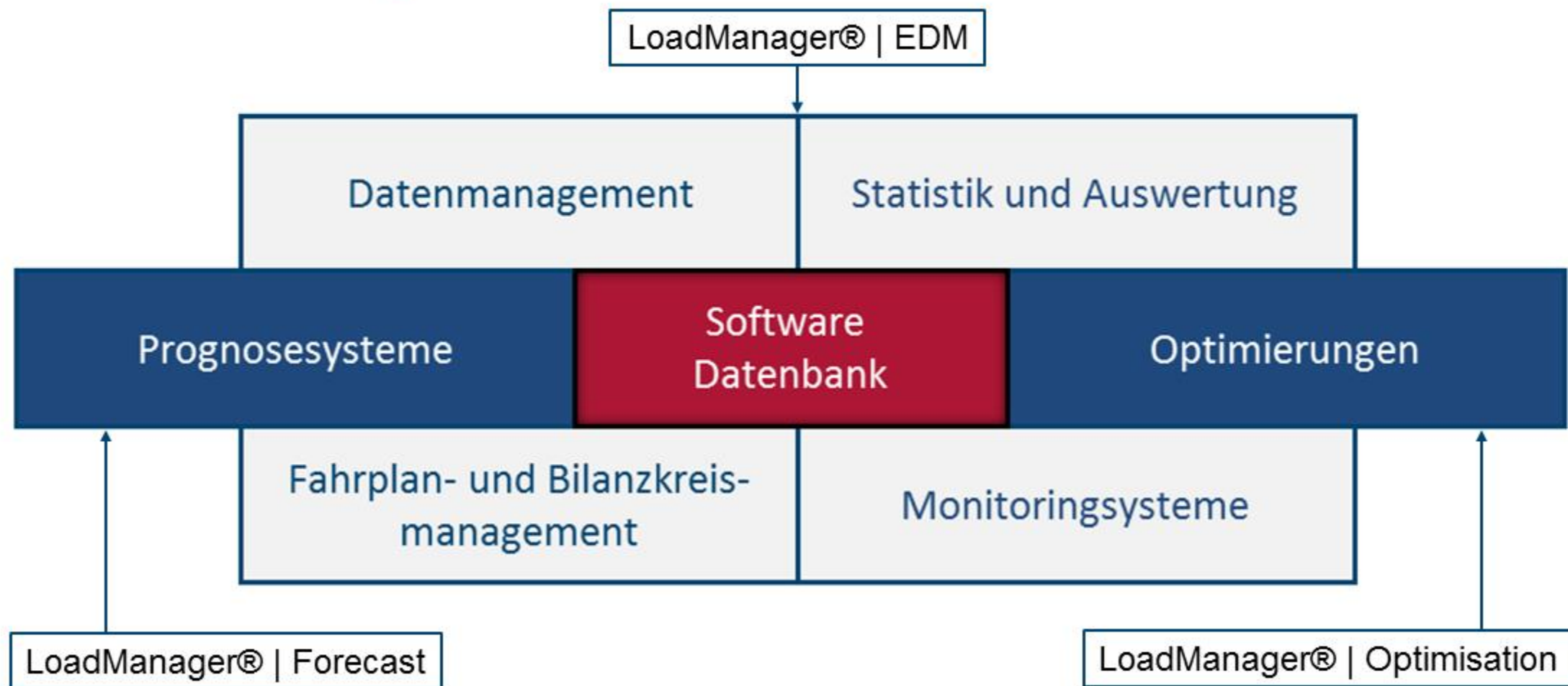
LoadManager® und Dienste sowie Beratung und Dienstleistung

Energieversorger, Energiehändler und energieintensive Unternehmen

Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen (LIM, TUC, TUD etc.)

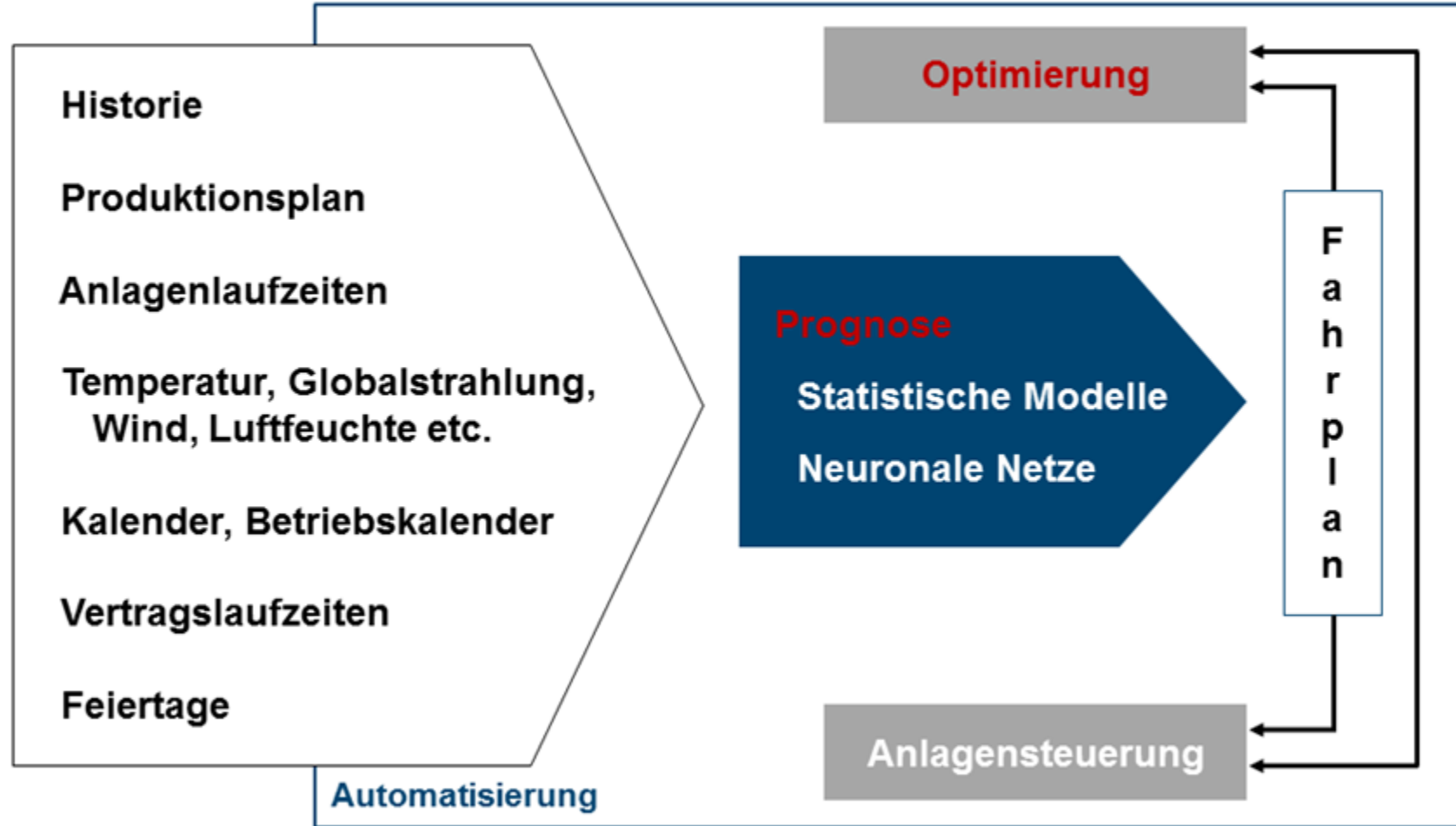


Der LoadManager®



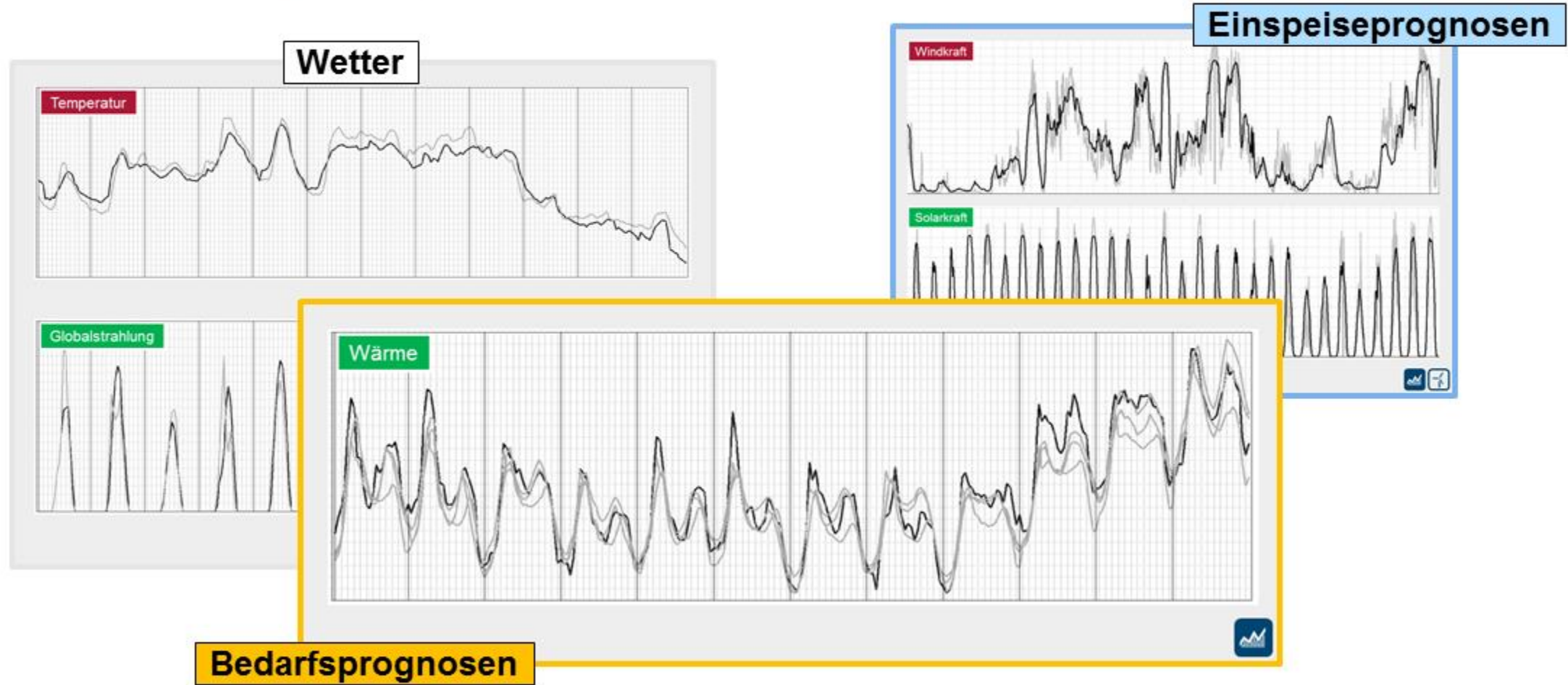
Otto und Heinrich (2015)

LoadManager® | EDM | Forecast | Optimisation



Otto und Heinrich (2015)

LoadManager® | Forecast



Otto et al. (2016, 2017)

III

Energieerzeugungslandschaften optimieren

Optimierungsgegenstände

Abbildung komplexer lokaler bis überregionaler „virtueller“ Einheiten

- konventionelle, erneuerbare und sektorübergreifende Energieumwandlungssysteme
- Vertragselemente und Netzstrukturen
- Handelsprodukte und Märkte
- Produktionsprozesse

Anwendungsorientierte Optimierungsstrategien

- definierte Deckung von Lasten
- minimale Gestehungskosten, minimaler Einsatz von Primärenergieträgern, minimierter CO₂-Ausstoß etc.
- Netzstabilität, energieeffiziente Produktion etc.

Optimale Einsatzplanung, Beschaffung, Steuerung und Überwachung

Optimierungsbereiche

Portfolio- und Einsatzoptimierung

- Energieversorger, Energiedienstleister und Direktvermarkter
 - optimale Erzeugung und/oder Beschaffung/Ertrag

Regelungsoptimierung

- Netzbetreiber
 - Netzstabilität und Diskriminierungsfreiheit

Fertigungsoptimierung

- energieintensive Unternehmen
 - energieeffiziente Produktion

LoadManager® | Optimisation

Topologiebezogene Ansteuerung von komplexen Optimierungsmodellen unter Berücksichtigung von element- und aufgabenspezifischen

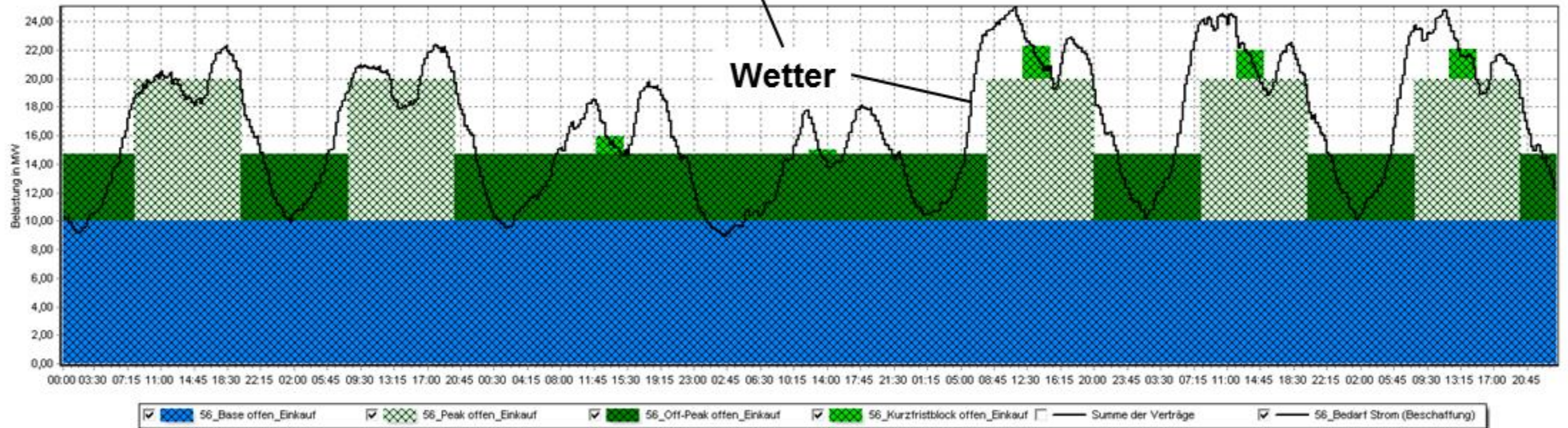
- physikalischen Eigenschaften (Thermodynamik, Netzhydraulik, Elektrotechnik)
- technisch sinnvollen und anwenderspezifischen Restriktionen
- Kosten (Grund-, Betriebs-, Arbeits- und Leistungspreise)

Optimierungsmodelle entwickelt unter GAMS:

$$\text{Minimiere bzw. maximiere } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad l_j \leq x_j \leq u_j$$
$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq \geq = b_i \quad i \in \{1, \dots, m\}$$

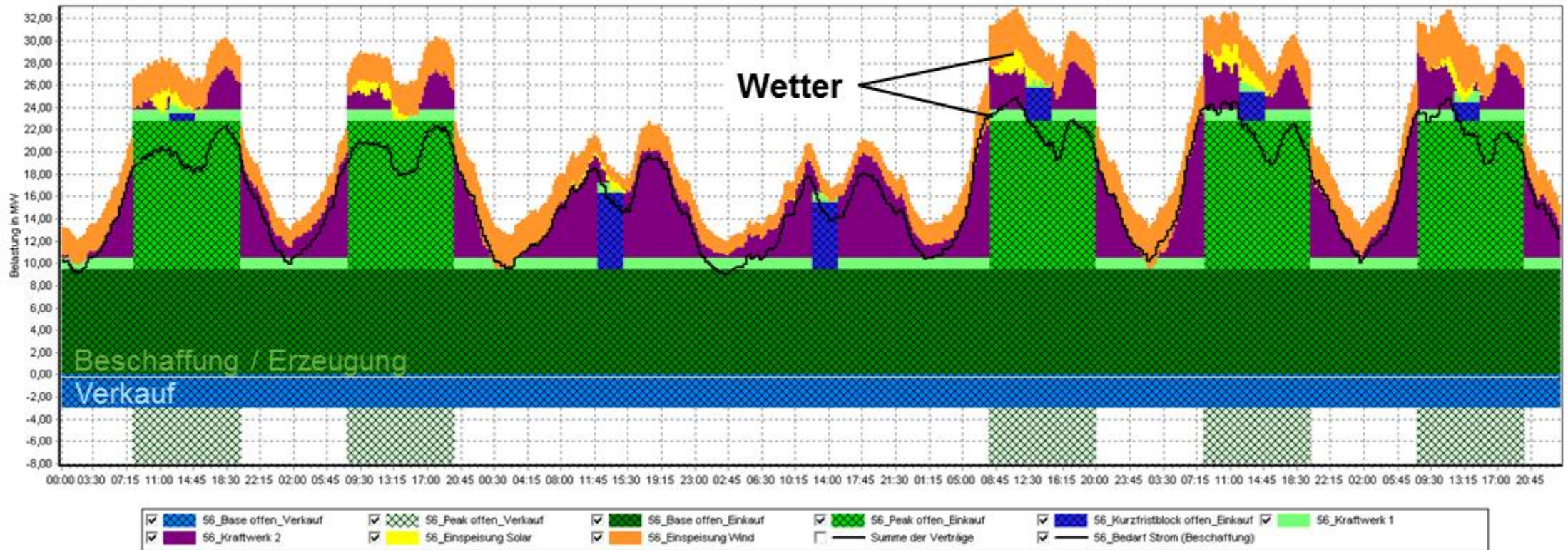
LoadManager® | Optimisation | Portfoliooptimierung

Mengenneutrale Beschaffung mit Terminmarktprodukten



LoadManager® | Optimisation | Portfoliooptimierung

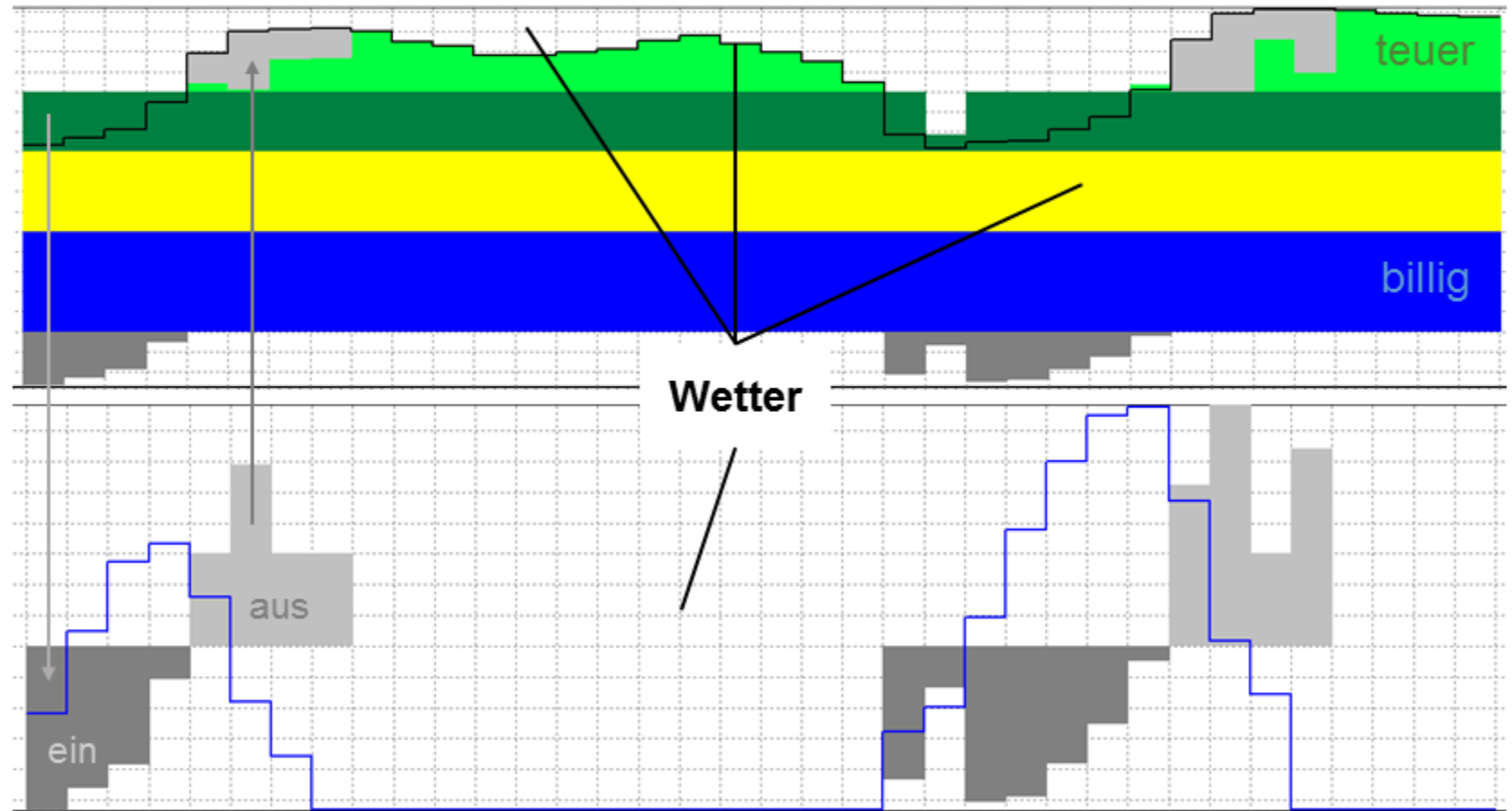
Individuelles Beschaffungs- und Verkaufsportfolio



LoadManager® | Optimisation | Einsatzoptimierung

Speichermanagement

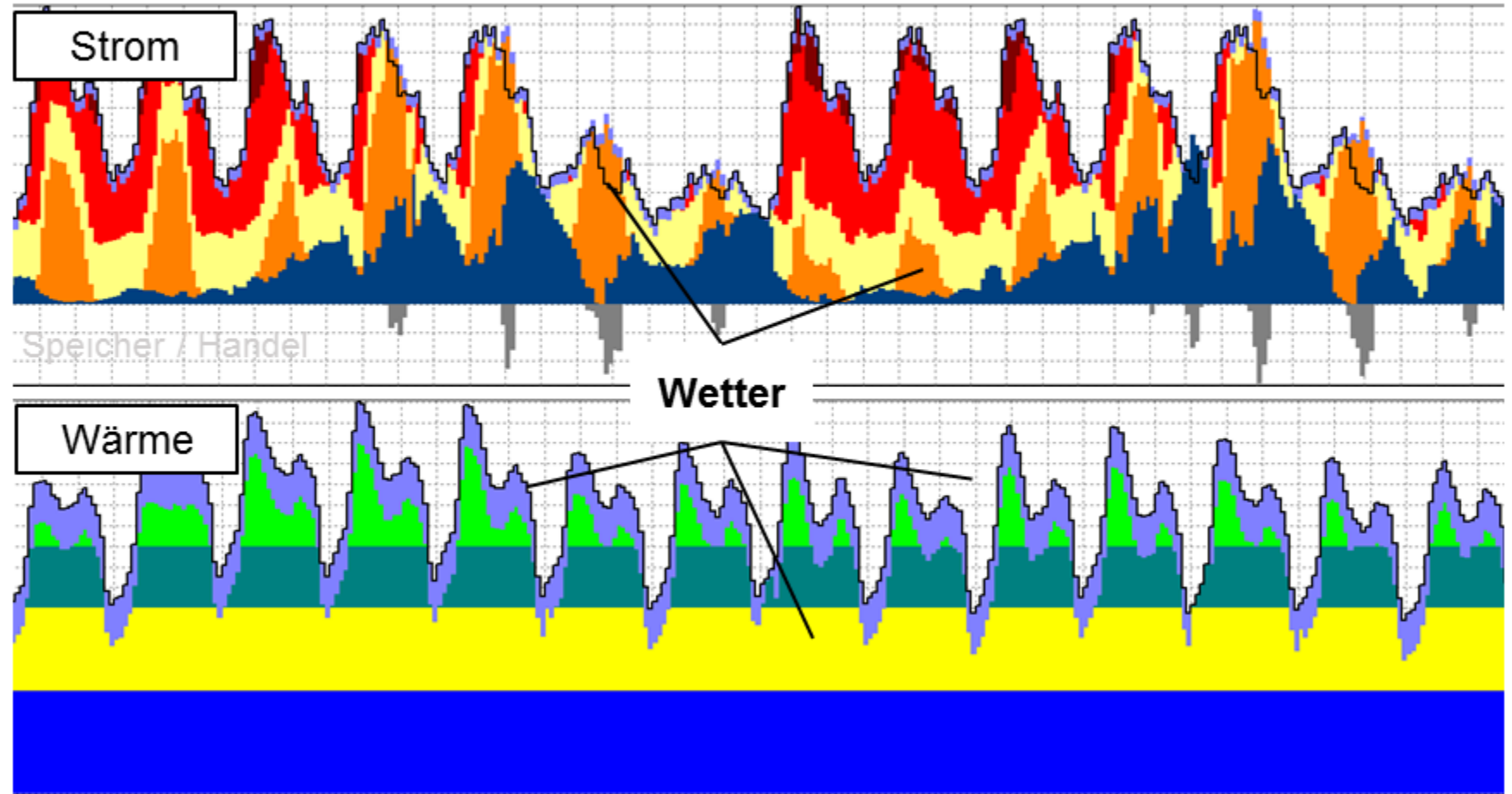
Lastverschiebung



LoadManager® | Optimisation | Einsatzoptimierung

Sektorkopplung

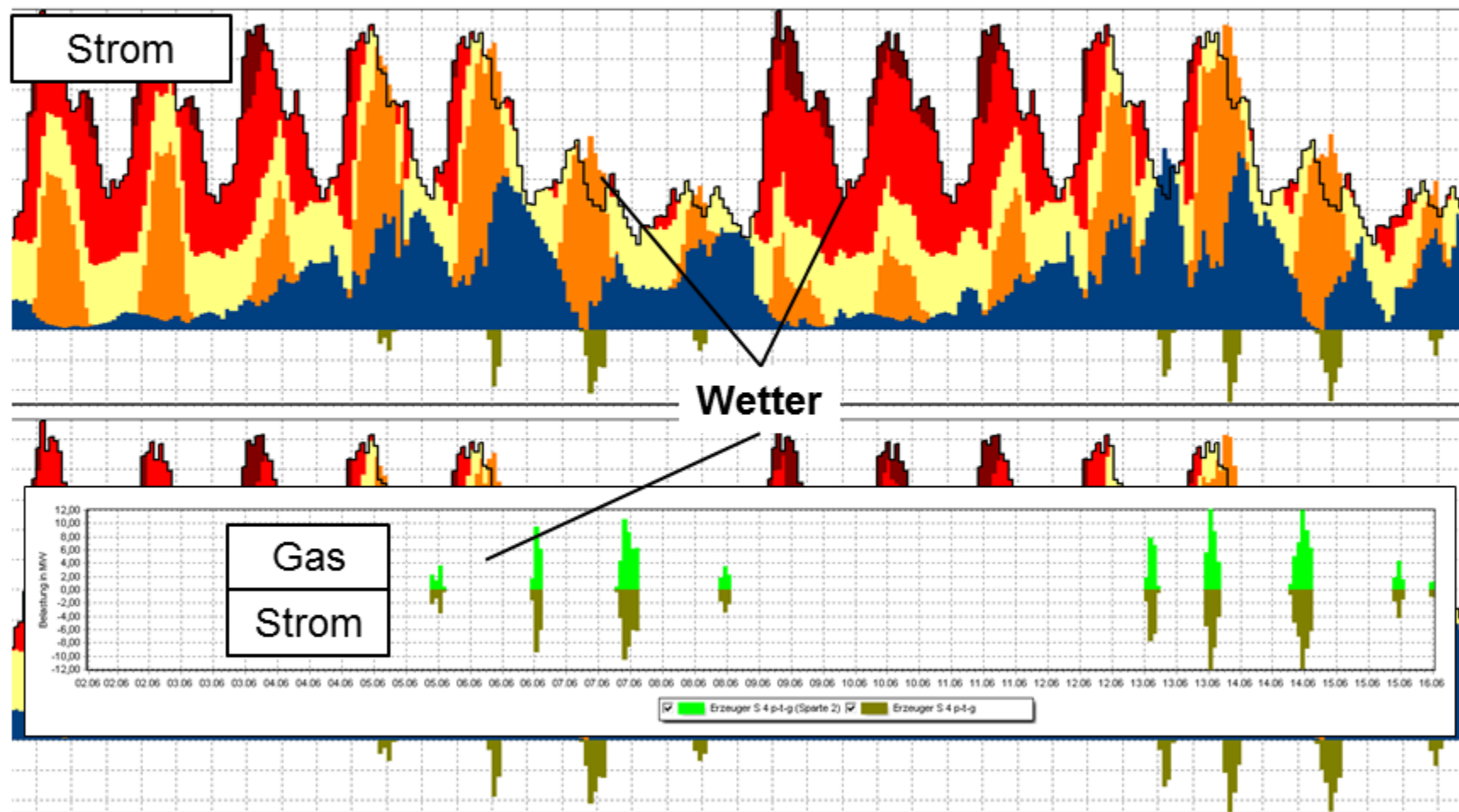
Kraft-Wärme-Kopplung



LoadManager® | Optimisation | Einsatzoptimierung

Sektorkopplung

Power-to-X

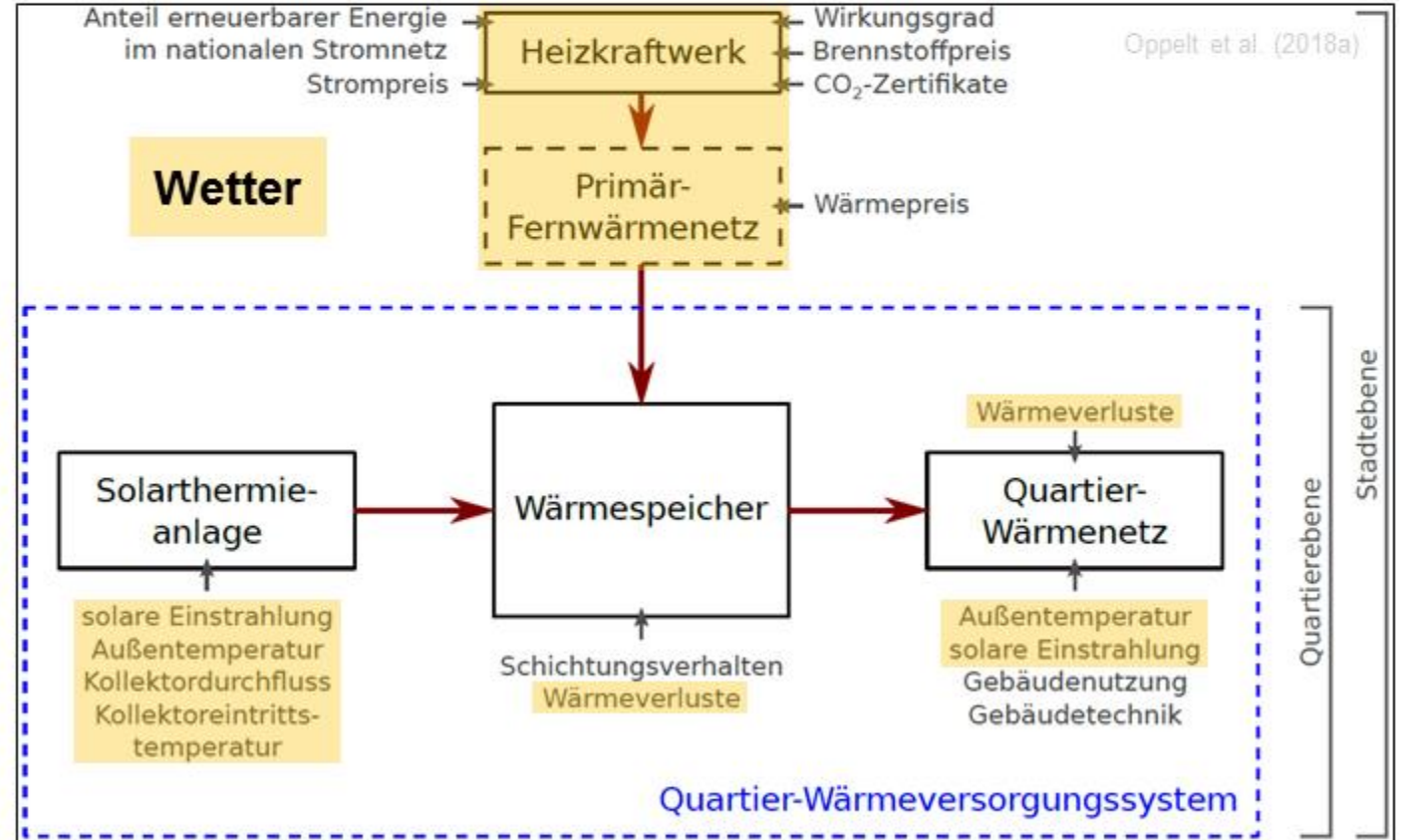


Der Wärmenetz-Navigator bei der Chemnitzer inetz

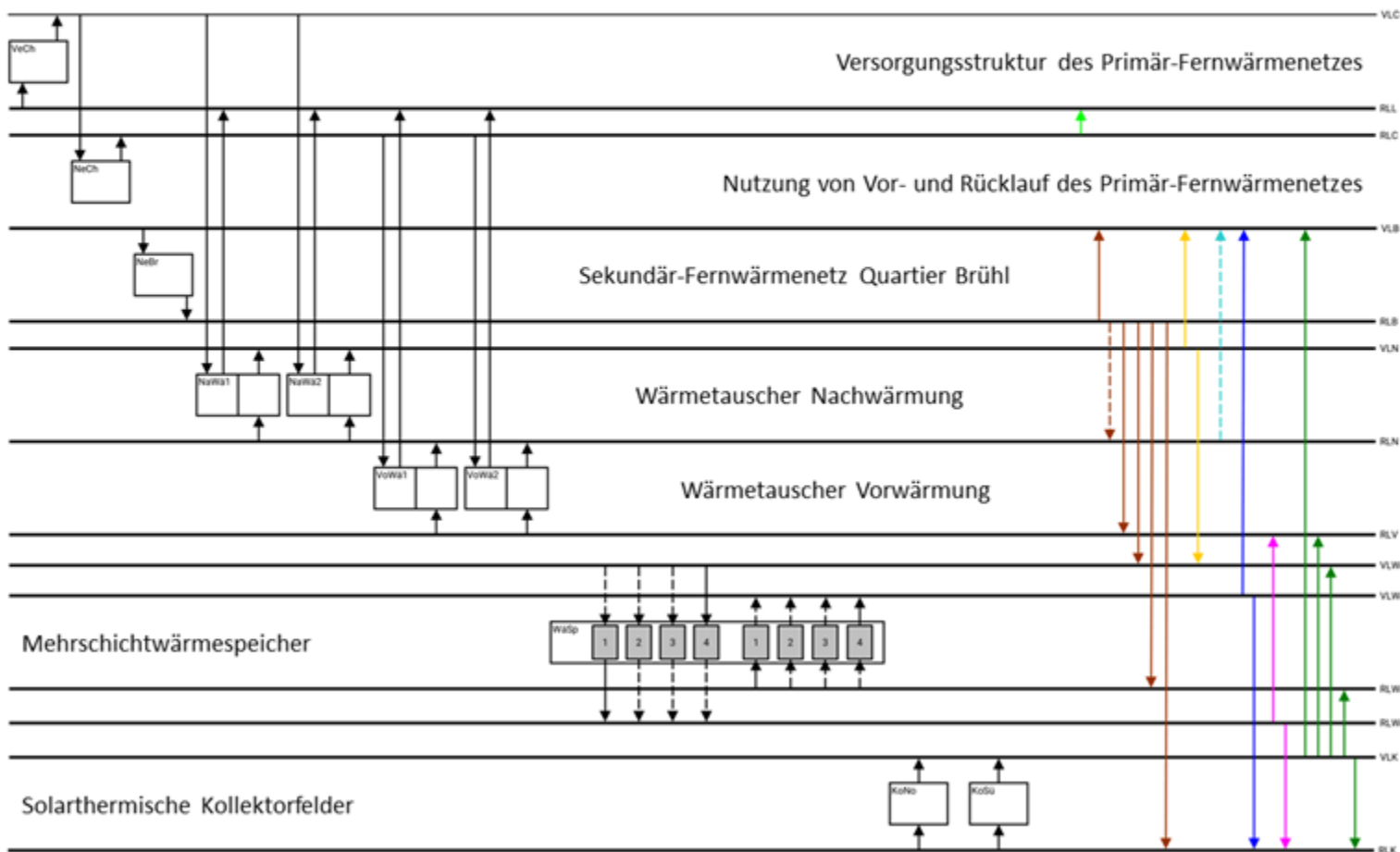
<http://www.wn-navi.de>



Frotscher et al. (2019b)



Der Wärmenetz-Navigator



Wetterabhängigkeit

Erzeugung und Netzaufgabe
→ Vor- und Rücklaufemperatur

Netzaufgabe und Vorlaufemperatur
→ Rücklaufemperatur

Ein- und Austrittstemperaturen
(Primärnetz und Kollektoren/Speicher)
→ Wärmehaustausch

Ein- und Austrittstemperaturen sowie
Wärmeverluste
→ Wärmehaustausch

Einstrahlung, Umgebungstemperatur etc.
→ Solarertrag

Der Wärmenetz-Navigator

Wetterabhängigkeit des Solarertrags - Kollektorleistung als Funktion der Einstrahlung (E), der Umgebungstemperatur (U) sowie der Kolleortemperatur (K):

$$P_K(t) = a_0 A \left[a_1 \left(k_{\text{dir}}(\theta(t)) E_{\text{dir}}(t) + k_{\text{dif}} E_{\text{dif}}(t) \right) - a_2 \left(T_K(t) - T_U(t) \right) - a_3 \left(T_K(t) - T_U(t) \right)^2 - a_4 \frac{1}{\Delta t} \left(T_K(t) - T_K(t-1) \right) + \dots \right]$$

explizit

Kolleortemperatur:

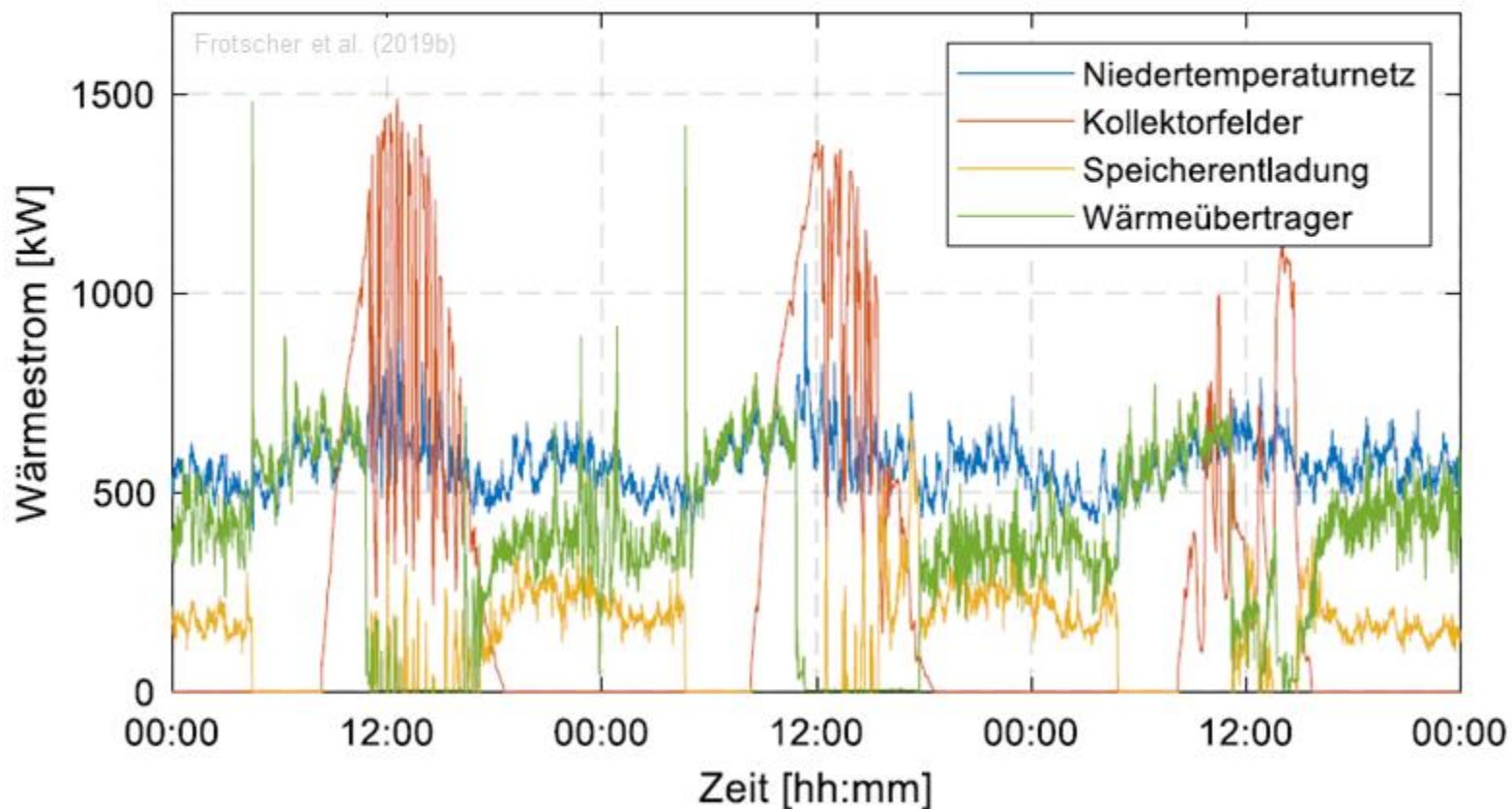
$$T_K(t) = \frac{1}{2} \left(T_{K,+}(t) + T_{K,-}(t) \right)$$

Eintritt ist Mischung aus Brühl-Rücklauf und Speicheraustritt

implizit

Der Wärmenetz-Navigator

Maximale Nutzung des Solarertrags (Kollektorfelder) zur Lastdeckung (Niedertemperaturnetz) durch Speicherbe- sowie -entladung und Minimierung des Primärwärmebezugs (Wärmeübertrager):



IV Zusammenfassung

Die Meteorologie ist zentraler Bestandteil der Lösung des Energie- und Klimaproblems.

Der LoadManager® leistet hierzu einen softwareseitigen Beitrag durch die Möglichkeit von (mathematisch-numerischen) Optimierungen komplexer Energieerzeugungslandschaften.

Energieerzeugungslandschaften sind hochgradig wetterabhängig.

Der optimierte Betrieb von Energieerzeugungslandschaften ist ohne Berücksichtigung des Wetters nicht quantifizierbar.

Literatur

Frotscher O, Oppelt T, Urbaneck T, Otto S, Heinrich I, Schmidt A, Göschel T, Uhlig U, Frey H, *Software zur Betriebsoptimierung von Wärmeversorgungs-systemen*, 26. Energie-Symposium: Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik, Stralsund (Deutschland), 6.-8. November, 2019b

Frotscher O, Oppelt T, Urbaneck T, Otto S, Heinrich I, Schmidt A, Göschel T, Uhlig U, Frey H, *Software-in-the-loop-simulation of a district heating system as test environment for a sophisticated operating software*, In: Proceedings of the 9th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, Prag (Tschechien), Volume 1: SIMULTECH, ISBN 978-989-758-381-0, 223-230, 2019a

Oppelt T, Urbaneck T, Otto S, Heinrich I, Schmidt A, Göschel T, Uhlig U, Frey, H, *Development of a software system for optimal operation of heating networks with central solar plant*, In: EuroSun 2018: 12th International Conference on Solar Energy and Buildings, Rapperswil (Schweiz), 1796 S, ISBN 978-3-9820408-0-6, DOI: 10.18086/eurosun2018.05.05, 195-199, 2018b

Oppelt T, Urbaneck T, Platzer B, Otto S, Heinrich I, Schmidt A, Göschel T, Uhlig U, *Wärmenetz-Navigator optimiert den Betrieb von Wärmenetzen*, EuroHeat&Power, VWEW Energieverlag, ISSN 0949-166X, 47 (6), 42-45, 2018a

Otto S, Heinrich I, *Einsatz eines geeigneten Energiedatenmanagementsystems zur Effizienzsteigerung energieintensiver Industrieunternehmen*, In: Industrielles Energiemanagement im Zeichen der Digitalisierung und der Energiewende: Technologien, Methoden, Praxisbeispiele und wirtschaftliche Rechtsgrundlagen, Hrsg. Köhler-Schute C, KS-Energy-Verlag, Berlin, 169 S, ISBN 978-3-945622-05-6, 91-107, 2017

Otto S, Härtsch P, Heinrich I, *Automatisiertes Einsatzoptimierungssystem für die Fernwärmeerzeugung der Sankt Galler Stadtwerke*, In: Die Digitalisierung der Energiewirtschaft: Transformation und Organisation, Technologien und Prozessoptimierung, innovative Geschäftsmodelle, Hrsg. Köhler-Schute C, KS-Energy-Verlag, Berlin, 161 S, ISBN 978-3-945622-04-9, 77-96, 2016

Otto S, Heinrich I, *Über die Erzeugereinsatzoptimierung im Rahmen automatisierter Prozessleitsysteme von Energieversorgungsunternehmen*, In: Wettbewerbsorientierter Vertrieb in der Energiewirtschaft: Der Kunde im Fokus - Vertriebspotenziale nutzen und Prozesse optimieren, Hrsg. Köhler-Schute C, KS-Energy-Verlag, Berlin, 3. völlig neu bearbeitete Auflage, 221 S, ISBN 978-3-945622-03-2, 74-86, 2015