



Smarte Daten ermöglichen ganzheitliches Energiemanagement von Netz und Gebäude

Modellbasierte Prognoseverfahren helfen bereits seit längerem, den Betrieb von Büro- und Industriebauwerken energieeffizient zu steuern. Nun liefern smarte Daten zugleich eine Antwort auf eine der größten Herausforderungen der sogenannten Energiewende: Sie können helfen, die Stromerzeugung, die Lasten von Gebäuden, Gebäudekomplexen und ganzen Stadtteilen sowie die Energiepreise ganzheitlich und vorausschauend zu managen.

1. Einleitung

Der Anteil erneuerbarer Energie an der Bruttostromerzeugung steigt unaufhörlich. In Deutschland liegt er mittlerweile bei 30 %. Zugleich wächst der Bedarf, die Auswirkungen der schwankenden Einspeisungen von Sonnen- oder Windenergie aufzufangen. Die vorhandenen Flexibilitätspotenziale noch besser zu nutzen, ist eine Aufgabe, für die nicht nur überregionale Energieerzeuger und Stadtwerke Lösungsansätze suchen. Auch für die Betreiber kleiner Kraftwerke, die Industrieanlagen, Flughäfen, Universitätsgelände oder Wohn- und Gewerbequartiere versorgen, ist ein modernes Energiemanagement unabdingbar geworden. Nur so lässt sich eine kosteneffiziente und klimaschonende Versorgungssicherheit erreichen.

2. Gesamtsystemischer Ansatz

Eine Lösung bieten modellbasierte prognostische Verfahren, die das dynamische Verhalten von Gebäuden, Netzen und Energiequellen als ein System betrachten. Bezogen auf das System Gebäude verfolgt das Unternehmen MeteoViva diesen gesamtsystemischen Ansatz bereits mit seiner Betriebsoptimierung „MeteoViva Climate“. Sie kommt seit über zehn Jahren bei der Steuerung von HLK-Anlagen in kommerziellen Gebäudekomplexen wie Bürogebäuden oder Produktionshallen zum Einsatz.

Herzstück ist das Rechenmodell „LACASA“. Dessen Prognosealgorithmen simulieren das dynamische Verhalten von Raumklima und HLK-Technik eines Systems „Gebäude“. Ein Baukasten von über 250 Modulen erlaubt es,

ein auf das jeweilige Gebäude zugeschnittenes Rechenmodell zu erstellen. Zu den einzelnen Bausteinen zählen unter anderem die Physik von Wänden und Fenstern, anlagentechnische Komponenten, das Raumklima, die Nutzung des Gebäudes, das Wetter sowie die zeitliche Verfügbarkeit und Bepreisung von Energie. Das Rechenmodell ist in ein mathematisches Optimierungsverfahren eingebunden und liefert täglich Sollwerte der nächsten zwei Tage für eine vorausschauende Fahrweise der Anlagen. In der Folge kommt es – abhängig von Gebäudetyp und technischer Ausstattung – zu einer Energieeinsparung von 15 bis 40 % sowie zu einer Verbesserung der Raumklimaqualität.

2.1 Eine nachhaltige Wärmeversorgung gewährleisten

Die MeteoViva-Technologie ist jedoch nicht nur zur Verbrauchssenkung eines größeren Gebäudekomplexes geeignet. Sie lässt sich darüber hinaus nutzen, um mehrere Gebäude in Verbindung mit einem Versorgungsnetz zu koppeln. Das heißt: Sie kann ebenso gut den Betrieb von Nah- und Fernwärmenetzen oder auch kombinierten Wärme-, Kälte- und Stromnetzen von Campusarealen (Flughäfen, Universitäten, Gewerbequartiere) optimieren. Erneuerbare Energiequellen müssen nicht mehr bei zu hoher Produktion abgeregelt werden, sondern werden durch den Ansatz eines prognostischen Energiemanagements zu 100 % verwertet.

2.2 Der Bedarf an ganzheitlichem Energiemanagement steigt

Nah- und Fernwärmenetze bieten ein großes Potenzial, Energiekosten zu senken und den Klimaschutz zu verbessern. Über insgesamt rund 21.000 km Fernwärmenetze von durchschnittlich 16 km Länge werden in Deutschland pro Jahr bereits heute 131 TWh Wärme und 53 TWh Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bereitgestellt. Schätzungsweise 14 % des Wohnungsbestands in Deutschland werden darüber beheizt. 15 % der Wärmequellen sind reine Heizwerke, 83 % der Wärme wird aus KWK bereitgestellt. Der Trend geht damit eindeutig zu einer Vernetzung und Kopplung der elektrischen und thermischen Energiewirtschaft.

Bislang stammen in Deutschland jedoch lediglich 13 % der Fernwärme aus erneuerbaren

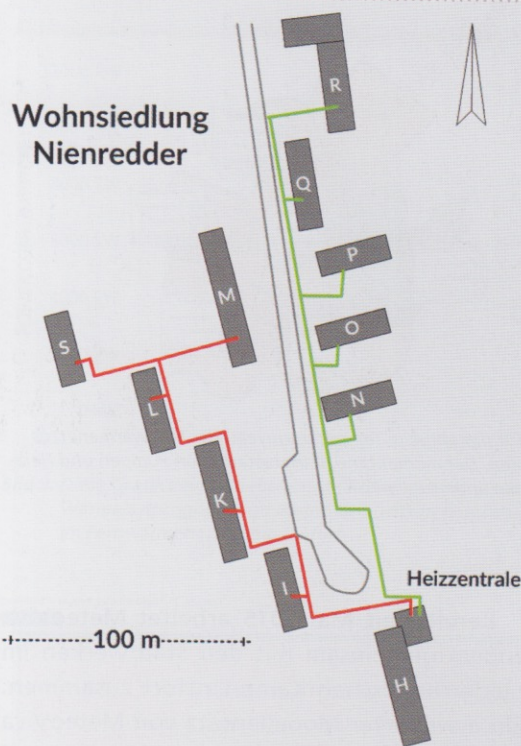


Bild 1: MeteoViva Grid optimiert den Betrieb der Wohnsiedlung Hamburg Nienredder. Von einer Heizzentrale werden über ein Nahwärmeverteilsystem 13 Mehrfamilienhäuser mit einer beheizten Gesamtfläche von rund 26.000 m² versorgt.

Energiequellen. Der Löwenanteil entfällt auf fossile Energien. Dänemark zum Beispiel ist hier bereits viel weiter: 65 % aller Wohnungen werden in unserem Nachbarland über Fernwärme beheizt, welche zu einem Anteil von gut 50 % aus erneuerbaren Energiequellen bereitgestellt wird.

Das alles zeigt, dass der Bedarf an einem ganzheitlichen Energiemanagement steigt, das Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Nutzung von Strom und Wärme vereint.

3. Pilotprojekte für Quartiere und Netze

In mehreren Pilotprojekten testet MeteoViva derzeit den Einsatz seines Optimierungsansatzes in Wohn-Quartieren: In der Wohnsiedlung Hamburg Nienredder (siehe **Bild 1**) etwa sorgt die modellgestützte Betriebsoptimierung dafür, dass Verteilverluste im Nahwärmenetz minimiert und die Effizienz der aus Gasbrennwertkesseln und Kraft-Wärme-Kopplung kombinierten Heizzentrale maximiert wird.

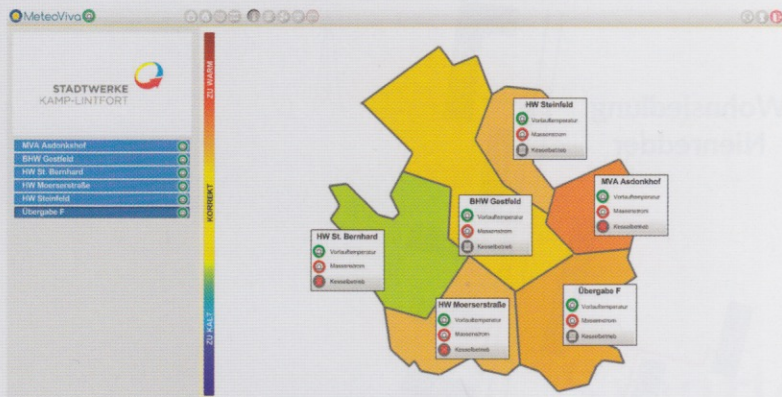


Bild 2: In einer Farbkarte lässt sich das aktuelle Temperaturniveau des Fernwärmenetzes einzelner Stadtteile abrufen. Der momentane Betriebsstatus von Pumpen und Heizkesseln kann durch Ampeln angezeigt werden.

Bereits seit Mai 2015 arbeitet MeteoViva zudem gemeinsam mit den Stadtwerken im niederrheinischen Kamp-Lintfort zusammen. Ein erweiterter Modellansatz von MeteoViva Climate soll hier die Versorgung von Wohnquartieren mit Wärme durch das 60 km lange Fernwärmenetz der Stadtwerke optimieren. Die Aufgabe lautet konkret, die Fahrweise vorausschauend so zu steuern, dass die Wärmeeinspeisung energetisch verbessert wird und die Latenzzeiten des Fernwärmenetzes sowie der „Speichermasse“ daran angeschlossener Quartiere kompensiert werden. Ziel ist, die Versorgungsnetze an den Einspeisepunkten dynamisch möglichst so zu fahren, dass an den Übergabestationen zu den Verbrauchern (Straßenzüge, Quartiere) die benötigte Leistung „just in time“ zur Verfügung steht. Zugleich soll teures Nachheizen aus fossiler Wärme (Öl-/Gas-gefeuerte Nachheizstationen) zugunsten der preiswerten Abwärme einer zentral genutzten Müllverbrennungsanlage minimiert werden.

4. Gezielte Erweiterungen des bestehenden Modells

Um die gleichen Betriebsoptimierungen zu erzielen wie bei gewerblichen Gebäuden, haben die Ingenieure von MeteoViva ihren bisherigen Modellansatz gezielt mit Blick auf die spezifischen Gegebenheiten von Nah- und Fernwärmenetzen sowie von Wohnquartieren erweitert. Folgende Besonderheiten waren dabei zu integrieren.

4.1 Trägheit und Speichervermögen von Netzen berücksichtigen

Die große räumliche Ausdehnung kilometerlanger Rohrnetze bedingt Wärmeverluste und Phasenverschiebungen zwischen Einspeise- und Versorgungspunkten, die laufend durch den Einsatz von Nachheizstationen ausgeglichen werden. Zudem werden heutige Fernwärmenetze üblicherweise nach Außentemperatur geführt. Die Trägheit des Netzes wird lediglich statisch in den Steuerprogrammen berücksichtigt. Nicht selten wird manuell eingegriffen. Die Folge: Der laufende Betrieb ist davon geprägt, dass das Netz eher zu warm, die Pumpen tendenziell zu lange und mit zu hohen Massenströmen gefahren werden.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Netzeinflussfaktoren wie Druckverluste, Speichervermögen des Fernwärmenetzes, vom Energiepreis abhängige unterschiedliche Betriebsweisen von Nachheizstationen, Netzentwicklungs- und Sanierungsmaßnahmen während des Betriebes in dem MeteoViva-Modell zu berücksichtigen. (Siehe **Bild 2**)

4.2 Realitätsnahe Lastenprofile erzeugen

Dass Wärmeverluste und -bedarf der angeschlossenen Gebäude und Stadtteile mit dem Wetter korrelieren, findet in der heutigen Praxis bislang nur mit konventionellen Lösungen Berücksichtigung: Die Nachheizstationen werden nach einer starren Heizkennlinie, die den Zusammenhang zwischen Außen- und Vorlauftemperatur beschreibt, gefahren. Phasenverschiebungen und Speichereffekte entlang der Rohre des Netzes werden damit nur unzureichend abgebildet.

Für einen optimierten Betrieb gilt es daher ein Verfahren zu implementieren, das von Wetterprognosen abhängig ein für das jeweilige Quartier typisches Lastprofil vorhersagt. Dafür analysiert das erweiterte MeteoViva-Modell im laufenden Betrieb automatisiert die mit Wärmemengenzählern erfassten Messreihen: Heizlast nach Jahreszeit, nach Wochentag und nach Wetterlage. Die Daten bereitet es statistisch auf und überführt sie in typische Tageslastprofile, die später im Betrieb vom Versorgungsnetz bedient werden müssen. Im Gegensatz zu MeteoViva Climate wird das thermodynamische Verhalten der einzelnen versorgten Gebäude also nicht diskret modelliert, sondern mit einer statistisch prognostizierten

Wärmelast eines ganzen Straßenzuges mit vielen angeschlossenen Gebäuden beschrieben. Diese bilden die Zielgröße für den täglichen Simulationsprozess.

Die Betriebsoptimierung hat die Aufgabe, auf Basis dieses Modells die Steuersignale für die kommenden 48 Stunden so vorauszurechnen und an Organe wie Heizkessel, BHKW, Pumpen etc. zu übermitteln, dass das Netz mit minimalen Gestehungskosten gefahren werden kann. Maßgabe dabei ist, die auf Grundlage des statistischen Modells zuvor prognostizierten Wärmelasten „just in time“ exakt zu beliefern. Der Vergleich der modellbasierten Wärmelastprognose mit Messdaten aus dem Kamp-Lintforter Fernwärmenetz zeigt eine hohe Treffsicherheit der so erzeugten Wärmelastprognose. (Siehe Bild 3)

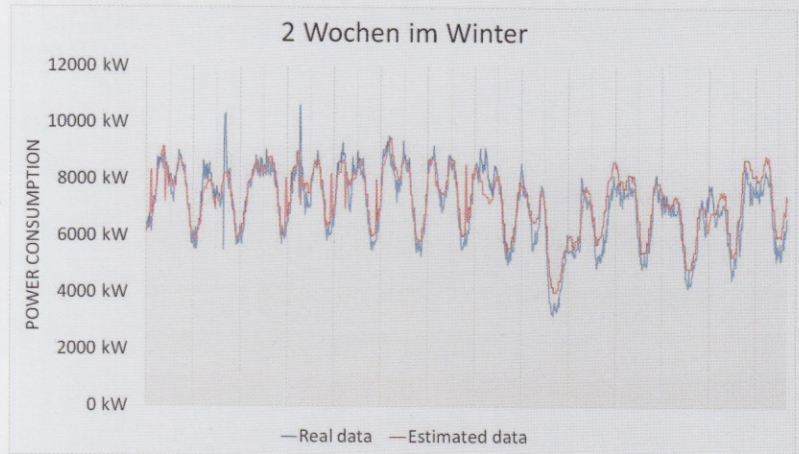


Bild 3: Diese Grafik zeigt eine sehr gute Korrelation der modellbasierten Wärmelastprognose von MeteoViva (rot) zu den tatsächlichen Messwerten (blau) im Fernwärmenetz Kamp-Lintfort.

4.3 Das Gebäude als zusätzlichen „Wärmepuffer“ nutzen

Grundsätzlich lässt sich auch das aufgrund der jeweiligen Bauphysik mögliche Speicherungsvermögen der an das Netz angeschlossenen Gebäude im Modell abbilden. Das erlaubt, die Gebäudemasse als Wärmesenke für fossile, elektrische und solare Wärme innerhalb einer zulässigen Raumtemperaturbandbreite des vom Kunden gewünschten Klimaprofils einzusetzen. (Siehe Bild 4)

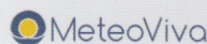
Ganz grundsätzlich eröffnet diese Möglichkeit Versorgern weiteres Optimierungspotenzial im Hinblick auf überschüssige Energie – beispielsweise Stromüberschüsse aus erneuerbarer Energie – zu erschließen.



Bild 4: Das Gebäude kann als Wärmespeicher genutzt werden, in dem innerhalb der zulässigen Bandbreite des gewünschten Klimaprofils – hier in den Kernzeiten zwischen 20 und 24,5 °C – bewusst überheizt oder unterkühlt wird.

5. Preisorientierter Abruf von Energie

Dank des Baukastensystems lässt sich das MeteoViva-Modell beliebig um weitere Komponenten zu einem ganzheitlichen Energiemanagementsystem erweitern. So arbeiten die Entwickler aktuell daran, die Erzeugung, Verteilung und den Bedarf thermischer und elektrischer Energie unter Berücksichtigung zeitdynamischer Preise prognostizieren und zeitlich so steuern zu können, dass hohe Lasten im Tagesverlauf aus Zeiträumen mit hohen Energiepreisen (€/MWh) möglichst weit in Zeiträume eines niedrigeren Tarifs verschoben werden. Für Großverbraucher ist das ein nicht unerheblicher ökonomischer Aspekt. Immerhin beträgt die Bandbreite



Beispiel dynamischer Energievertrag für MeteoViva-Kunden

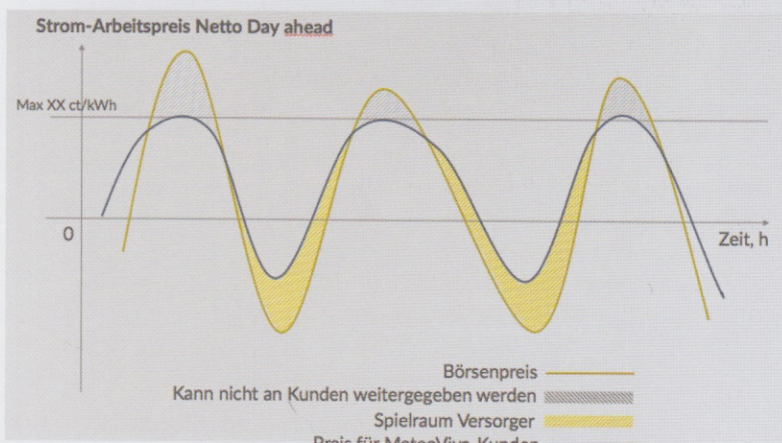


Bild 5: Ein Liefervertrag mit gedeckelten dynamischen Stromtarifen ermöglicht für den Energieversorger eine Wertschöpfung aus lastoptimiertem Einkauf und Verkauf von elektrischer Energie. Für den Kunden entsteht eine Wertschöpfung durch günstigere mittlere Energiepreise, als es ein Vertrag mit Fixpreisen ohne Lastoptimierung erlaubt.



Bild 6: Flughäfen sind prädestiniert für eine ganzheitliche Betriebsoptimierung – hier beispielhaft der Flughafen Düsseldorf. (Quelle: Flughafen Düsseldorf)

der Einkaufspreise von Strom in Deutschland -200 €/MWh bis +60 €/MWh, in den USA variiert der niedrigste zum höchsten Einkaufspreis bis zu einem Faktor 14.

Durch das MeteoViva-Modell lassen sich die weiteren Lastspitzen und damit der zu zahlende Betrag von Netzentgelten reduzieren.

Für Energieversorger eröffnen sich damit neue Wertschöpfungsquellen. Die MeteoViva-Technologie macht nicht nur den Einsatz von erneuerbaren Energien in den Geschäftsprozessen planbar. Verbunden mit ihrem Optimierungsalgorithmus erhält der Versorger zudem die Handlungsoption, Überschussstrom in Batterien oder als Wärme in der Bausubstanz zu speichern. Mit diesem Vorrat können spätere Hochtarifzeiten überbrückt werden. Zugleich erhöht sich dank niedrigerer Beschaffungspreise der Spielraum für die Preisgestaltung. (Siehe Bild 5)

6. Betrieb eines Campus ganzheitlich optimieren

In gewerblichen Anwendungen wie industriellen Werksgeländen oder Flughafenarealen ist der Bedarf besonders groß, Energieströme so zu steuern, dass eine weitreichende Autarkie des Geländes und minimale Gestehungskosten zur Bereitstellung von Wärme, Kälte und Strom realisiert werden. Die Lösung „MeteoViva Campus“ vereint alle vorgenannten Ansätze zu einem ganzheitlichen Werkzeug für eine kontinuierliche Betriebsoptimierung. Der Flughafen Düsseldorf (siehe Bild 6) ist ein typischer Anwendungsfall von MeteoViva Campus. Darin wird ein Rechenmodell mit einem multidimensionalen Optimierungsverfahren unter Einbindung von zeitabhängigen Energietarifen und Wetterprognosen verwendet, um die historisch gewachsene Anlagen- und Gebäudetopologie so zu fahren, dass in allen Gebäuden stets ein optimales Raumklima bei minimalen Energiegestehungskosten und hoher Versorgungssicherheit gewährleistet wird.

6. Fazit

Die aufgeführten Beispiele verdeutlichen, dass modellbasierte Prognose- und Optimierungsverfahren ein hoch-adaptives Lösungskonzept darstellen, das für Versorger, Netzbetreiber und Großverbraucher komplexe Energiemanagement- und Steuerungsaufgaben übernehmen kann.

i AUTOREN
VITA



Dipl.-Ing. MARKUS WERNER

Studium der Elektrotechnik / Nachrichtentechnik (Dipl.-Ing.), RWTH Aachen
 Seit 1990 Tätig im Bereich Energieversorgung und Effizienzsteigerung
 1992 – 1994 Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, RWTH Aachen
 1994 – 2004 Solar-Institut Jülich
 Seit 1995 Entwicklung MeteoViva Climate (MVC)
 Juli 2001 Gründung von MeteoViva GmbH
 2006 EU-Patent auf das Verfahren MVC
 Seit 2001 Geschäftsführender Gesellschafter der MeteoViva GmbH

Kontakt Tel.: +49 2461 98103-0
 E-Mail: info@meteoviva.com