



Energie

© Wolfram Scheible

Unser Schwerpunkt liegt auf erneuerbaren Energien, Effizienztechnologien, intelligenten Netzen sowie auf der Digitalisierung der Energiewirtschaft. Zugang zu einem großen Spektrum an Forschungs- und Entwicklungsangeboten erhalten dabei kleine und mittelständische Unternehmen. Immer steht dabei eine sichere, nachhaltige, wirtschaftliche sowie sozial gerechte Versorgung im Zentrum.

Testphase gestartet: Ladestrukturen im Vergleich

Das Energiemanagementsystem Amperix der Gruppe »Green by IT« des Bereichs »High Performance Computing« ermöglicht die effiziente Nutzung von Batteriespeichersystemen, Wärmepumpen und Ladestationen für E-Fahrzeuge und optimiert deren Steuerung. Die haus-eigene Lösung ist auch im Gebäude des Fraunhofer ITWM im Einsatz. Derzeit testet das Team acht unterschiedliche Ladevorrichtungen für Elektroautos.



Wann ist der optimale Zeitpunkt, um das E-Auto zu laden? Aus Sicht des Fahrenden sollte der Ladevorgang möglichst nebenbei geschehen, während eines Termins, der Arbeitszeit, dem Einkauf oder geparkt zu Hause. Wer eine Ladestation betreibt, den treibt die Frage um, wann der in den Fahrzeugen gespeicherte Strom besonders günstig ist und wann man besser nicht zu viel Strom verbraucht. Den Überblick darüber behält das Energiemanagementsystem Amperix, das sowohl für Privathaushalte als auch für Gewerbetreibende geeignet ist.

Theorie und Praxis vor Ort vereint

Um das System optimal auf die Anforderungen der Elektromobilität weiterzuentwickeln, sind am Fraunhofer ITWM acht unterschiedliche Wall-Boxen im Einsatz. »Wir testen verschiedene Betriebs- und Steuerungsstrategien live bei uns am Institut und gewinnen praktische Erfahrungen, die wir dann in unseren Amperix einfließen lassen«, beschreibt Gruppenleiter Matthias Klein-Schlöbl. »Das bringt uns insgesamt deutlich weiter, denn wir vereinen Theorie und Praxis.«

Überschreiten der Lastspitze ist teuer

Besonderes Augenmerk liegt auf dem Thema »Lastspitzenkappung«. Lastspitzen treten in vielen Betrieben auf, die zu bestimmten Zeiten einen deutlich erhöhten Stromverbrauch aufweisen.»Für Gewerbe ist dieser Aspekt sehr wichtig, denn hier kann es schnell teuer werden: Wer seine Lastspitze einmal im Jahr für eine Viertelstunde überschreitet, kann dafür zusätzliche Netznutzungsgebühren im fünfstelligen Bereich in Rechnung gestellt bekommen«, verdeutlicht Klein-Schlöbl.

Das heißt, werden zu einer Hochphase des Stromverbrauchs – etwa zur Mittagszeit, wenn die Kantine eines Unternehmens in vollem Betrieb ist – zusätzlich Elektroautos geladen, kann das schnell und unbemerkt die Kosten in die Höhe treiben. Nicht jedoch, wenn ein zuverlässiges Energie- und Lastmanagementsystem wie Amperix im Einsatz ist. Netzdienliche Maßnahmen wie das Vermeiden von Lastspitzen, ein möglichst konstanter und planbarer Verbrauch tragen zusätzlich dazu bei, das Stromnetz stabil und störungsfrei zu halten.

Einmal volltanken bitte! Das Fraunhofer ITWM testet vor Ort Ladesysteme.

Kontakt

M.Sc. Matthias Klein-Schlöbl
Teamleiter »Green by IT«
Telefon +49 631 31600-4475
matthias.klein@itwm.fraunhofer.de



District Heating – Mathematik heizt ein

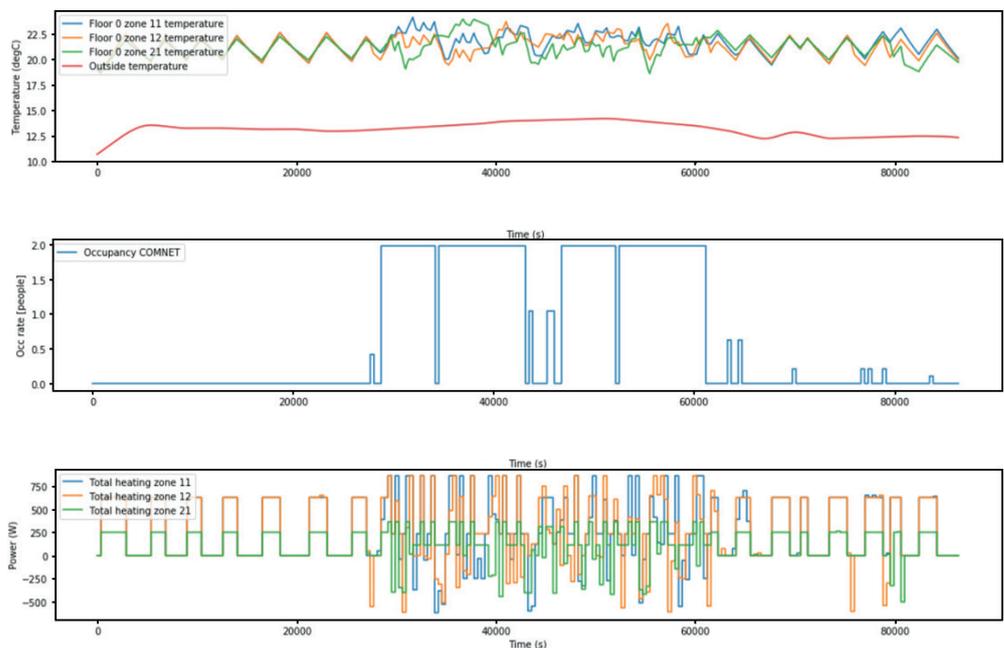
Im Projekt »District Heating« arbeitet ein Team unserer Abteilung »Systemanalyse, Prognose und Regelung« daran, mit moderner Mathematik digitale Zwillinge von Gebäuden zu modellieren. Gemeinsam mit dem schwedischen Institut Fraunhofer-Chalmers Centre for Industrial Mathematics FCC soll so mit Hilfe von Simulationen die Beheizung mit Fernwärme optimiert werden.

73
Prozent der
EU-Einwoh-
ner:innen leben
in urbanen
Gebieten.

Aktuell ist gerade in punkto Energiewende das Heizen ein großes Diskussionsthema. Um unabhängiger vom Gas zu sein, hört man immer häufiger Fernwärme und Wärmepumpen sollten Gasheizungen ersetzen oder ergänzen. Fernwärme (District Heating) ist ein zentralisiertes Heizsystem. Dabei gelangt die Wärme über Rohrleitungen von einem Kraftwerk in das Gebäude. Eine eigene Heizanlage braucht es nicht. Die Zentralisierung ermöglicht den Einsatz verschiedener Energiequellen, noch ist das meist ein Mix aus Erdgas, Müllverbrennung sowie Steinkohle. In Zukunft sollen überwiegend erneuerbare Energien vertreten sein.

Fernwärme hat Potenzial

Besonders geeignet ist die Heiztechnik für städtische Gebiete und Gebäudekomplexe, denn die Verlegung der Netze und der Bau der Erzeugungsanlagen rechnet sich dann, wenn möglichst viele an das Fernwärmenetz angeschlossen sind. Im Jahr 2010 lebten bereits etwa 73 Prozent aller 502 Millionen EU-Einwohner:innen in urbanen Gebieten. Das Potenzial ist demnach groß, dennoch spielt Fernwärme noch eine relativ kleine Rolle. Besonders in Deutschland wird im europäischen Vergleich noch nicht viel Gebrauch von der



Simulationsergebnisse auf drei Ebenen: Simulierte Temperatur-Verläufe von drei Räumen und Außentemperatur (oben), Raumebelegung in Personen (mitte), Energiegewinn und -verlust der Räume unter der Fernwärme-Berücksichtigung (unten)



© istockphoto/Grigorev_Vladimir

Technik gemacht. In Schweden dagegen verfügen nahezu alle Städte über eine mit Biomasse betriebene Fernwärme und mehr als 50 Prozent läuft bereits über die zentrale Heizlösung – Tendenz steigend.

Europäische Mathematik optimiert Fernwärmetechnik

Kein Wunder also, dass unsere schwedischen Fraunhofer-Kolleginnen und -Kollegen dort die Forschung vorantreiben. Im Projekt »District Heating« modelliert ein ITWM-Team um Sophie Hertzog seit 2019 mit Forschenden des Fraunhofer FCC digitale Zwillinge von Gebäuden, um die Fernwärmetechnik zu optimieren. »Am Anfang standen sehr vereinfachte Modelle und wir arbeiteten u. a. mit Modelica, einer Modellierungssprache zum Modellieren, Simulieren, Optimieren und Analysieren dynamischer Systeme«, erklärt die Wissenschaftlerin. Dabei fließen zunächst verschiedene Basis-

eigenschaften des Gebäudes mit ein: etwa die Größe, die Anzahl der Etagen, die Lage und Ausrichtung, Anzahl der Fenster oder die Baumaterialien. »Ergänzt wird der digitale Zwilling dann um komplexere stochastische Einflüsse und wir berücksichtigen Fragen wie: Wie viele Menschen sind statistisch gesehen in dieser Art Gebäude? Wie nutzen sie die Fenster zum Lüften? Oder die Jalousien zum Beschatten? Was für einen Warmwasserverbrauch gibt es? Welche elektrischen Geräte strahlen Wärme ab?«, so die Forscherin.

Aktuell wird so mit einem entwickelten Softwaretool die Wärme in Gebäuden prognostiziert. In Zukunft soll dann der Verbrauch der Energie in den Mittelpunkt rücken. Zudem wird auf Basis der Arbeiten auch die Regelung der Heizungsanlagen in den Blick genommen. Sogenannte Modellprädiktive Regler (MPC) könnten dann dafür sorgen, dass tageszeitabhängig die Menge an Energie fließt, die gebraucht wird.

Kontakt

M.Sc. Sophie Hertzog
Abteilung »Systemanalyse, Prognose
und Regelung«
Projektleitung »District Heating«
Telefon +49 631 31600-4036
sophie.hertzog@itwm.fraunhofer.de





Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0

Sei es als Maßnahme gegen die Klimakrise, zur Einsparung von Energieimporten oder ganz einfach, um den eigenen Geldbeutel zu schonen: Energiesparen ist heute notwendiger denn je. Forschende des Fraunhofer ITWM arbeiten mithilfe von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz (KI) an einem ganzheitlichen Energiemanagement, das den Energieverbrauch reduziert und den Anteil erneuerbarer Energie erhöht – sowohl in der Industrie als auch in Privathaushalten.

Ein Energiemanagement 2.0, das ist das Ziel des Projekts ENERDIG. Dazu bringen Forschende aus den Bereichen »Optimierung« und »High Performance Computing« sowie den Abteilungen »Transportvorgänge« und »Systemanalyse, Prognose und Regelung« ihre Expertise ein und erarbeiten gemeinsam neue Digitalisierungs- und KI-basierte Strategien. Angesiedelt ist das Projekt im Leistungszentrum »Simulations- und Software-basierte Innovation«.

»Die Forschungsarbeiten des Teams befassen sich mit vier Themengebieten«, erklärt Projektleiter Dr. Dietmar Hietel. »Dem Energiemanagement in Wohngebäuden und der Industrie, in der Kunststoffherstellung, der chemischen Produktion und in der Vliesproduktion.«

Strom, Wärme und Mobilität in Wohngebäuden und Industrie

Ein wichtiger Weg, um im privaten Umfeld und im Gewerbe den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern, ist die Nutzung von regenerativem Strom in Verbindung mit Wärmepumpen und Solarthermie. »Dabei fragen sich die Menschen zum Beispiel, welchen Verbrauch sie morgen haben und was ihre Photovoltaik- und Solarthermieanlagen dann leisten. Und welche Rolle das Wetter dabei spielt.«, so Hietel. »Um das zu beantworten, entwickeln wir neue Methoden der KI, um anhand von Prognosen Stromspeicher zu laden, die dann wiederum Wärmepumpen und Elektroautos zu einem möglichst großen Anteil mit erneuerbarer Energie versorgen.«



Im Rahmen von ENERDIG entwickelt das Fraunhofer ITWM neue KI-Methoden und Verfahren, um die Kopplung von Strom und Wärme in Gebäuden und Industrie prognosebasiert zu managen.



Ministerialdirektor Daniel Stich überreicht den Förderbescheid für das Projekt ENERDIG in Höhe von rund 1,8 Mio. Euro an Prof. Dr. Anita Schöbel und an Dr. Dietmar Hietel. Die Förderung stammt aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung.

Optimierung der Aerodynamik in der Vliesstoffproduktion

Ein großes Einsparpotenzial besteht auch in der industriellen Produktion, zum Beispiel der Vliesstoffproduktion. Die Herausforderungen bei der Vliesstoffherstellung sind sehr hohe Produktionsgeschwindigkeiten sowie Turbulenzen im Produktionsprozess. Beides führt häufig zu Qualitätsschwankungen bei den Stoffen. Mithilfe unterschiedlicher Software-Lösungen trägt das Fraunhofer ITWM zur aerodynamischen Optimierung der Vliesproduktion bei. Dies führt zu stabilerer Produktqualität und zu signifikanten Energieeinsparungen.

Flexibilisierung der Energienutzung in der Kunststoffherstellung

Ein hoher Kostendruck und wachsende Komplexität in der Produktion umreißen das Spannungsfeld der Kunststoffproduktion. Durch eine Steuerung der Stromnachfrage durch das gezielte Ab- und Zuschalten von Lasten, dem sogenannten Demand-Side-Management, kann der für die Produktion benötigte Strom am Energiemarkt kostengünstiger eingekauft und entsprechend das Produkt günstiger hergestellt werden. Neben der Stärkung der Marktposition liefert der Betreiber des Demand-Side-Management-Systems

damit einen Beitrag zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien. Mit dem Ziel, vor allem KMU auf dem Weg zu einem Energiemanagement 2.0 zu unterstützen, entwickelt das Fraunhofer ITWM basierend auf digitalen Zwillingen von Maschinen und Produktionsanlagen Algorithmen für die Identifikation und Bewertung von Energieverbräuchen und -flexibilität. Dabei kommen innovative Methoden des Maschinellen Lernens (ML) mit tiefen neuronalen Netzen zum Einsatz.

Energieeffizienz in der chemischen Produktion durch Echtzeitoptimierung

Ein ähnlicher Lösungsansatz gilt in der energieintensiven chemischen Industrie: »Eine Flexibilisierung der Energieverbräuche bedeutet hier, dass der Betrieb seine Prozesse kurzfristig auf veränderte Energiekosten anpasst.«, erklärt Hietel. »Darüber hinaus gibt es weitere Größen, auf die kurzfristig reagieren werden muss, wie die Verfügbarkeiten der Rohstoffe.« Diese Fluktuationen systematisch bei der Optimierung der Anlagen zu berücksichtigen, ist ein Ziel von ENERDIG. »Allein durch verbesserte Echtzeitoptimierung chemischer Prozesse können wir mit Energieeinsparungen sogar im zweistelligen Prozentbereich rechnen.«

Kontakt

Dr. Dietmar Hietel
Projektleiter »ENERDIG«
Telefon +49 631 31600-4627
dietmar.hietel@itwm.fraunhofer.de



Kleinstpartikel mit großer Wirkung: Aerosole in Klimamodellen



Festpartikel in unserer Atmosphäre spielen eine wichtige Rolle in unserem Klimasystem und folglich auch für den Klimawandel. Ihre Berücksichtigung in mikrophysikalischen Klimamodellen ist eine zentrale Herausforderung beim Erstellen von globalen Langzeitprognosen. Wie Machine Learning hier helfen kann, untersucht eine Arbeit aus unserem Bereich »High Performance Computing«.

Die physikalischen Kräfte, die aus der Bewegung und Transformation von Aerosolmassen in der Atmosphäre entstehen, sind heute die größten Unsicherheitsquellen beim Messen menschengemachter Klima-Effekte. Aerosole entstehen beispielsweise durch die Verbrennung fossiler Energieträger oder vulkanische Eruptionen. Sie streuen oder absorbieren je nach Typus atmosphärische Strahlung und bewirken dadurch entweder Abkühlungs- oder Erwärmungs-Effekte. Sogenannte »Kondensationskerne« bewirken zudem durch die Reflexion von Sonnenlicht eine Verlängerung der Lebensdauer von Wolken.

Das Problem liegt im Aerosol-Detail

Das rechnerische Erfassen und Berücksichtigen von Aerosol-Effekten in Klimamodellen stellt für die Forschung eine große Herausforderung dar. Es handelt sich hierbei um sehr marginale, mikrophysikalische Veränderungen und Tendenzen, deren Berechnung äußerst zeit- und kostenintensiv ist. Daher betrachten viele Modelle Aerosole lediglich als konstante, externe Parameter und verzeichnen diese im Prozess der Datenerhebung nur einmal. Zudem wird

oft nicht zwischen verschiedenen Aerosol-Typen unterschieden und lediglich von einer heterogenen, aber in Bezug auf den Klima-Effekt eindimensionalen Partikelmasse ausgegangen.

Eines der Modelle, das verschiedene Aerosole zwar genau, aber nur sehr zeit- und kostenintensiv erfasst, ist das vom Hamburger Max-Planck-Institut für Meteorologie entwickelte Aerosol-Mikrophysik-Modell. Dieses unterscheidet verschiedene Aerosoltypen wie Meersalz, Sulfate und schwarzen Kohlenstoff. Es erfasst zudem verschiedene physikalische Prozesse wie die Nukleation (Entstehung von Kondensationskernen), Kondensation und Wasseraufnahme.

Machine Learning als Schlüssel zur Optimierung

Unsere Doktorandin Paula Harder aus dem Bereich »High Performance Computing« beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit den Themen »Deep Learning« und »Klimamodellierung« in Kooperation mit der Universität Oxford. In ihrer Forschungsarbeit entwickelt sie unter anderem einen Emulator auf Basis Künstlicher Intelligenz,



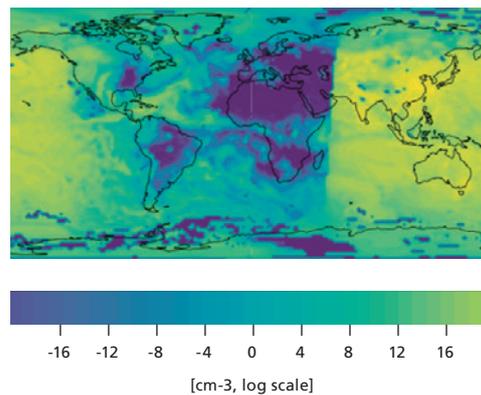
© freepik/user17512913

der die Mikrophysik des Aerosol-Modells approximiert und die Berechnungen schneller und effizienter gestaltet. Als Emulator bezeichnet man in der Computertechnik ein System, das ein anderes in bestimmten Teilaspekten nachbildet. Harder erklärt: »Unser Ziel ist es, Klimavorhersagen in globalem Maßstab, mit sehr hoher Präzision und über lange Zeiträume hinweg durch Machine Learning zu ermöglichen. Hierin besteht eine Chance, die Folgen des Klimawandels, wenn nicht zu verhindern, so doch wenigstens zu erkennen und sich darauf vorzubereiten.«

Um dies zu erreichen, wurden zuerst 11 Millionen Input-Output-Datenpaare mit dem Aerosol-Modell generiert. Diese Daten wurden dann genutzt, um ein Neuronales Netz zu trainieren, welches das kostenintensive Ursprungsmodell ersetzt. Anschließend wurden weitere Rechenvorgaben eingebaut, um physikalische Beschränkungen – wie die Massenerhaltung und -positivität – zu berücksichtigen.

Eine vielversprechende Perspektive

Die Ergebnisse sind äußerst zufriedenstellend: Das Nachbilden des Aerosol-Modells durch das Neuronale Netzwerk funktioniert in den bisherigen Offline-Experimenten sehr gut –



Die Darstellung zeigt die vorhergesagte Konzentrationsveränderung der Aerosole auf einer logarithmischen Skala.

tatsächlich wird eine höhere Präzision erreicht. Schließlich wurde auf einem Grafikprozessor die Berechnungszeit zuletzt auf das 64-fache des Wertes des Original-Modells beschleunigt.

Durch diese Vorgehensweise kann der Emulator wieder in ein online geschaltetes globales Klimamodell eingebettet werden, dies ist der nächste Schritt. Die zentrale Problemstellung der heutigen Klimaforschung – also das kurzzeitige, kosteneffiziente Erfassen und Berechnen von Aerosolmassen – wird also in naher Zukunft voraussichtlich überwunden.

Kontakt

M.Sc. Paula Harder
Bereich »High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4088
paula.harder@itwm.fraunhofer.de

