

# Prognosegeführte Gebäudesteuerung

## Das Wetter von morgen für die Gebäudesteuerung von heute.

Die Anforderungen an einen wirtschaftlichen und ökologisch ausgewogenen Betrieb von Gebäuden werden zunehmend anspruchsvoller und komplexer. Viele davon lassen sich heute schon mittels moderner Gebäudeleittechnik automatisiert erfüllen. Einen Schritt weiter noch geht die prognosegeführte Gebäudesteuerung.

Vorausschauend agieren statt passiv zu reagieren: mit der prognosegeführten Gebäudesteuerung werden nicht nur aktuelle Zustände des Gebäudes einbezogen sondern Prognosen (Wetter, Nutzerverhalten etc.) für Tage im Voraus genutzt. Dies führt nicht nur zu Einsparungen an Energie sondern auch zu einem langfristig stabilen Raumklima.

### Ausgangssituation

Noch vor der Gebäudetechnik war die Energiewirtschaft auf zeitbezogene Wetterprognosen angewiesen, um die regionale wetterabhängige Energieabnahme der Kunden präzise prognostizieren zu können. Die energiewirtschaftlichen Methoden und Verfahren zur Erstellung und Optimierung der wetterabhängigen täglichen Lastprognose können gleichfalls im Lastmanagement von Liegenschaften bzw. Gebäuden eingesetzt werden. Durch die Verwendung von Temperaturvorhersagen in stündlicher bzw. viertelstündlicher Auflösung ermöglicht die prognosegeführte Gebäudesteuerung die Vorausberechnung von Lastgängen und Leistungsspitzen. Voraussetzung dafür ist eine zeitlich aufgelöste Wetterprognose. Zumeist wird für prognosegeführte Regelungen auf kostenpflichtige stündliche Wettervorhersagen eines nationalen meteorologischen Dienstes zugegriffen. Die Temperaturprognosen müssen teuer in stündlicher oder viertelstündlicher Auflösung zugekauft werden. Zudem gehen dem Einsatz einer prognosegeführten Gebäudesteuerung an einem neuen Standort

oft zeitintensive Verhandlungen mit meteorologischen Diensten voraus.

### Internetbasierte Datenerfassung

Das Internet bietet die Möglichkeit von vielen Anbietern kostenfrei Wetterprognosen für zahlreiche Standorte zu erhalten. Daten von Online-Wetterseiten sind tagesaktuell und ohne Zeitverzögerung durch Verhandlungen mit meteorologischen Diensten verfügbar und für viele Anwendungen in der Gebäudetechnik hinreichend genau. Bild 1 zeigt den Ablauf der Datenakquisition. Im ersten Schritt wird zeitlich

skalierbar mittels automatisierter Internet-Query-Abfrage auf eine Wetterhomepage zugegriffen. Gewöhnlich sind Prognosen zumindest für die maximale und minimale Außentemperatur für 5 bis max. 9 Tage im Voraus verfügbar. Die Standard-Webabfrage eignet sich zur Erfassung dieser Prognosedaten aus Tabellen und Texten. Wettervorhersagen, die in eine Grafik oder Flash-Applikation eingebunden sind, bedürfen einer darüber hinausgehenden Aufbereitung (Texterkennung). Das Einlesen der Wetterprognosen kann auch durch die Verwendung des für gebäudetechnische Anwendungen entwickelten Datenformats ifcXML erfolgen. [1] Die importierten Daten werden in Tabellenform gespeichert und aufbereitet (Schritt 2). Für die Weiterverwendung stehen somit sortierte Datenreihen zur Verfügung. Aus den prognostizierten Tagesminima bzw. Tagesmaxima muss ein zumindest stündlicher Tagestemperaturverlauf generiert werden, um die

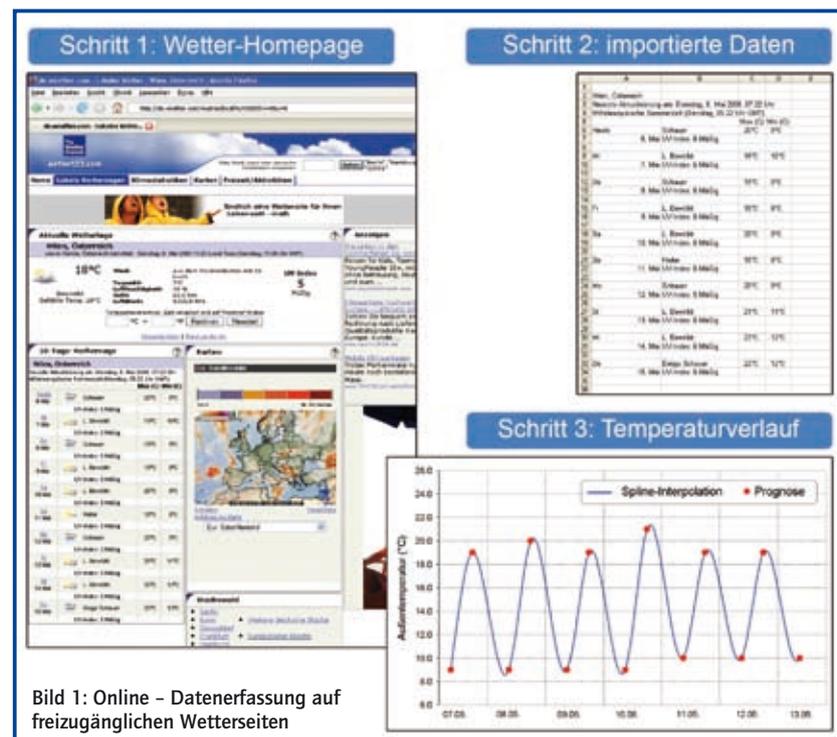


Bild 1: Online - Datenerfassung auf freizugänglichen Wetterseiten

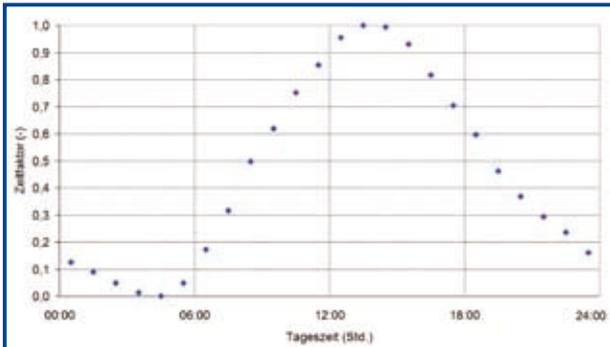


Bild 2: Zeitfaktoren zur Ermittlung von stündlichen Werten aus Internet - Prognosen (im Bild: Verlauf der täglichen Außentemperatur für Wien)

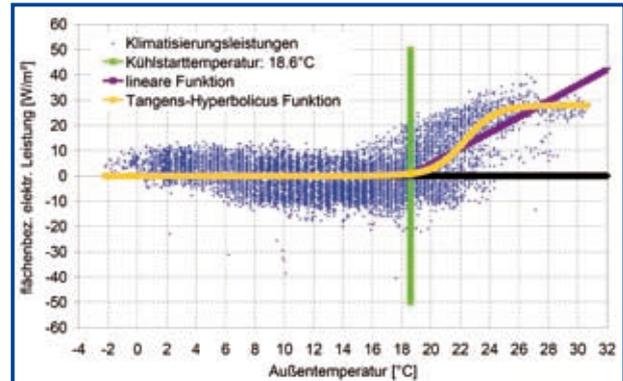


Bild 3: Prognosefunktion (temperaturabhängig)

täglichen Wetterprognosen aus dem Internet für eine prognosegeführte Regelung verwenden zu können (Schritt 3). Im dargestellten Beispiel wurden Wettervorhersagen des Anbieters <http://de.weather.com> verwendet.

### Wetterdatenaufbereitung

**Spline-Interpolation:** Zur zeitlich variablen Aufbereitung von Wetterdaten stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Die Interpolation der punktuellen Prognosewerte aus dem Internet kann sehr einfach durch den Einsatz von Splines erfolgen. Spline-Kurven sind Funktionen, die aus Polynomen bestehen und durch gegebene Punkte verlaufen. Die Fixpunkte der Spline-Kurven werden von den prognostizierten Tagesminima- bzw. maxima festgelegt. Die Erstellung von Wetterdaten mit Hilfe der Spline-Interpolation ist standortunabhängig und rasch durchführbar. Modellbedingt neigen Spline-Interpolationen zu Überschwingen, d. h. die Hoch- bzw. Tiefpunkte der Kurve können von den prognostizierten Temperaturen abweichen. Vielfach

bestimmen die Maxima und Minima der Temperaturprognosen jedoch auch Maximal- und Minimalleistungen. Zeitfaktoren: Die Verwendung einer synthetischen, an die Sinusfunktion angelehnten Kurve vermeidet das Überschwingen der Spline-Interpolation. Diese Methode bedient sich der qualitativen Nachbildung eines typischen Tagestemperaturverlaufs eines Standorts zur Erstellung von Wetterdaten. Die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Prognosemaximum bzw. -minimum der Temperatur und dem mittleren Tagestemperaturverlauf eines Standorts erfolgt durch Zeitfaktoren, die auf Messwerten der Außentemperatur für jede Stunde des Tages beruhen. Auf dieser Basis geben die für einen Standort ermittelten Zeitfaktoren den qualitativen Verlauf der täglichen Außentemperatur wieder (Bild 2). Für die aufgelösten Wetterdaten des Standortes Wien tritt modellbedingt das Temperaturminimum täglich um 04:30 Uhr, das Temperaturmaximum täglich um 13:30 Uhr auf. Mit Hilfe der Zeitfaktoren können aus den Maximal- und Mini-

malwerten der Prognosen stündliche Außentemperaturen berechnet werden. Die vorgestellten Verfahren eignen sich zur Erstellung von zeitlich beliebig aufgelösten Wetterdaten aus den Minima und Maxima der Temperaturvorhersagen. Die standortspezifisch erstellten Wetterdaten können für verschiedene Anwendungen in der Gebäude- und Energietechnik eingesetzt werden.

### Beispiel 1: Lastprognose

Das Vorgehen: Zunächst wird aus den temperaturabhängigen Leistungsmesswerten des Gebäudes bzw. ausgewählter Anlagen durch Regressionsanalyse eine Prognosefunktion generiert. Für beheizte und gekühlte Gebäude eignet sich hierzu gut die hyperbolische Tangensfunktion (Bild 3). Mittels dieser Funktion und einer zeitabhängigen Grundlastkurve (Bild 4), die das allgemeine Betriebsverhalten des Gebäudes beschreibt, kann unter Zuhilfenahme von prognostizierten Wetterdaten das Leistungsverhalten des Gebäudes – hier am Beispiel eines Warenhauses [2] - gut vorausgesagt werden (Bild 5).

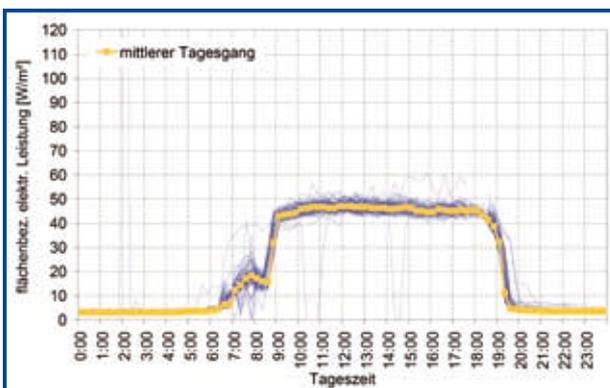


Bild 4: Grundlastkurve (zeitabhängig)

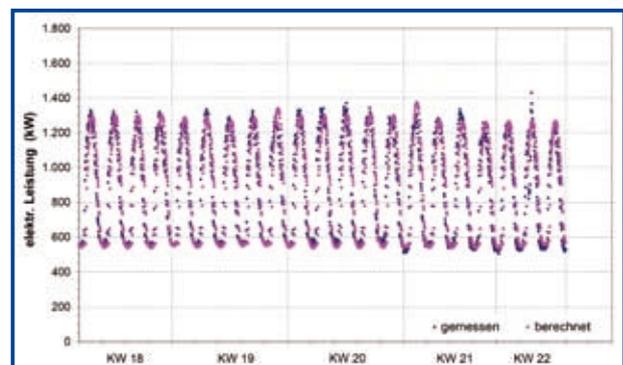
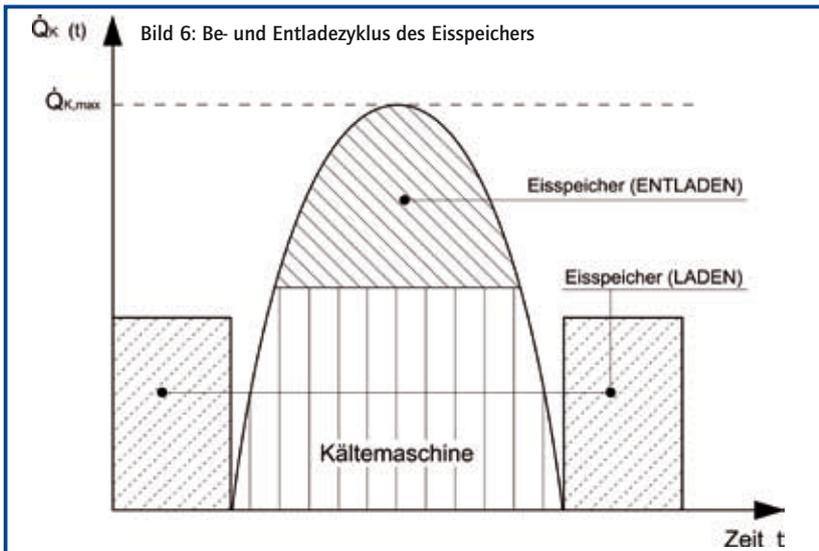


Bild 5: Vergleich Messung / Lastprognose (Beispiel: Monatslastkurve für Mai)



Im Ergebnis der Prognose können auf der einen Seite Maßnahmen erarbeitet und umgesetzt werden, die ein energiesparendes Lastmanagement ermöglichen (Spitzenlastmanagement, Lastglättung). Auf der anderen Seite ermöglicht die Lastprognose die Beschaffung strukturierter Stromprodukte bzw. den Einsatz von Wetterderivaten zur Absicherung des Beschaffungsrisikos.

### Beispiel 2: Eisspeicher

Grundlage für die Dimensionierung einer aus Kältemaschine und Eisspeicher bestehenden Verbundanlage ist die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs des Kältebedarfs des Gebäudes über eine bestimmte Zykluszeit. Die übliche Auslegung erfolgt dann über die energetische Bilanzierung von Lade- und Entladephase (Bild 6). Der Lastverlauf des Gebäudes kann dabei mittels einer dynamischen Simulation oder aber mit der zuvor dargestellten Prognosefunktion vorausgesagt

werden – beides auf der Grundlage von stündlich aufgelösten Wetterprognosen. Unterscheiden lassen sich bei der Simulation dabei drei Vorgehensweisen: 1. Eingangsgrößen = Annahmen (statistische Werte): Ergebnis ist ein verallgemeinertes Betriebsführungskonzept; 2. Eingangsgrößen = Messdaten: Ergebnis ist ein auf historischen Daten basierendes Betriebsführungskonzept; 3. Eingangsgrößen = Prognosedaten: Ergebnis ist ein vorausschauend agierendes Betriebsführungskonzept. Mittels des unter Punkt 1 beschriebenen Vorgehens der Simulation wurde mittels Prognosewerten (Punkt 3) für einen großen Bürokomplex in Wien der Lastverlauf für eine typische Sommerwoche bestimmt (Bild 7). Dieser setzt sich zusammen aus den inneren Lasten (Personen, Geräte und Beleuchtung) und wird vom Wettereinfluss überlagert (Außentemperatur und Strahlung, blaue Summenkurve). Da die Kälteleistung für den Komplex

aus ökologischen und wirtschaftlichen Überlegungen heraus begrenzt ist, wurde folgendes Konzept angedacht: Die Grundlast aus Personen, Geräten und Beleuchtung ist eine gut prognostizierbare, wetterunabhängige Größe, die über den Tag verteilt nahezu konstant ist. Diese kann durch eine fast stets im Betriebsoptimum laufende Kältemaschine gedeckt werden, die eine einfache Ein/Aus-Steuerung besitzt. Die wetterabhängige Last wird durch einen in der Nacht zu ladenden Eisspeicher gedeckt, der tagsüber keine zusätzliche Kälteleistung benötigt (Bild 8). Die Energiemenge und der Zeitpunkt der Ladung ergeben sich aus einer dynamischen Simulation, deren Eingangsgrößen Prognosewerte der Außentemperatur in stündlicher Auflösung sind. So wird sichergestellt, dass der Speicher für den Folgetag a) mit der erforderlichen Kapazität für behagliche Raumtemperaturen bereitsteht und b) kein unnötiger Energieeinsatz durch eine Überladung erfolgt.

### Zusammenfassung

Kostenfrei verfügbare Online-Wetterprognosen können in hinreichender Genauigkeit für die meisten prognosegeführten Regelungen eingesetzt werden. Sie sind im Handling flexibel und nahezu überall verfügbar. Automatisierte Webabfragen erleichtern zudem die Datenakquisition gegenüber dem Kauf von Wetterprognosen von meteorologischen Diensten. Mittels der besprochenen Verfahren können aus den Minima und Maxima der Temperaturvorhersagen zeitlich beliebig aufgelöste Wetterdaten generiert werden. Für die vorgestellten Anwen-

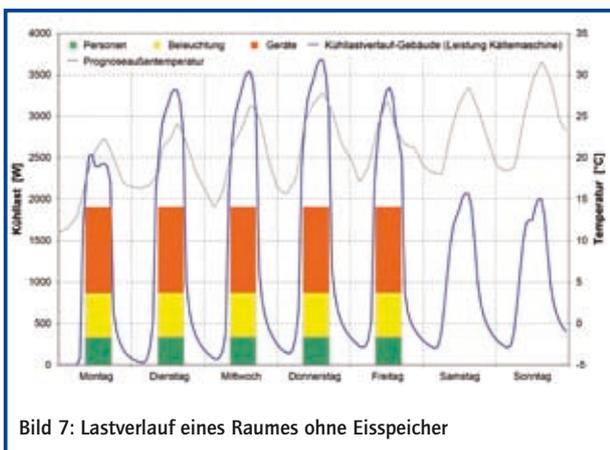


Bild 7: Lastverlauf eines Raumes ohne Eisspeicher

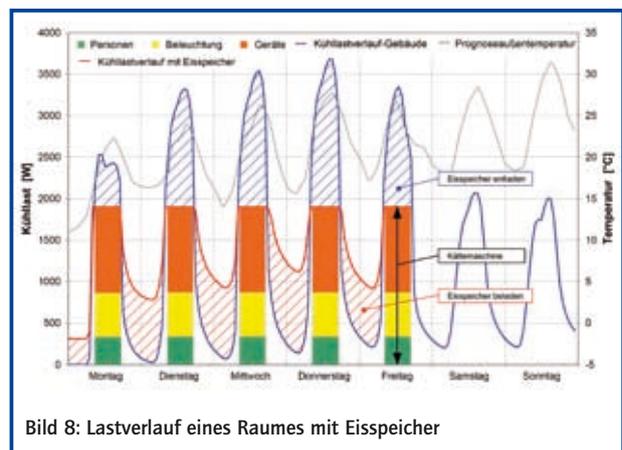


Bild 8: Lastverlauf eines Raumes mit Eisspeicher

dungen Eisspeicher (Gebäudetechnik) und Lastprognose (Energietechnik) weisen die so interpolierten synthetischen Wetterdaten in Kombination mit den eingesetzten physikalischen Modellen der Weiterverarbeitung eine sehr gute Genauigkeit auf. Das vorgestellte System wird derzeit von einem herstellerunabhängigen Entwicklungsteam soft- und hardwaretechnisch umgesetzt. Im Bereich der Energiewirtschaft liegen den Autoren umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung und Anwendung vor. [3],[4] Die prognosegeführte Gebäudesteuerung auf Basis von Online-Wettervorhersagen bietet bei geringem Zeit- und Ressourcenaufwand die Chance, frühzeitig auf Wetteränderungen zu reagieren. Das Wetter von morgen ist somit für das Lastmanagement keine Unbekannte mehr.

*Axel Seerig,  
Carina Sagerschnig,  
Florian Stift*

## Zu den Autoren

### DI Dr.-Ing. Axel Seerig

Jahrgang 1962; 1983 Studium Verfahrenstechnik und 1992 Promotion Thermodynamik an der TU Berlin; 1994 Einstieg bei der Deutschen Babcock-Borsig AG; 1996 – 2003: Entwickler und Energy Consultant für u.a. Deutsche Bank, RWE, HEW und BEWAG; 2004/2005: Studiengangsleitung Gebäudetechnik, FH Burgenland; seit 2007 arsenal research, Wien; Portfoliomanager Gebäude/ Nachhaltige Energiesysteme



### DI (FH) Carina Sagerschnig

Jahrgang 1982, studierte bis 2006 Gebäudetechnik an der Fachhochschule Pinkafeld. Nach Erfahrungen in der Haustechnik-Planung bei ATP Architekten und Ingenieure, Innsbruck, ist sie jetzt wissenschaftliche Mitarbeiterin bei arsenal research in Wien und beschäftigt sich mit thermisch dynamischer Gebäude- und Anlagensimulation.



### DI (FH) Florian Stift

Jahrgang 1983, studierte bis 2007 Gebäudetechnik an der Fachhochschule Pinkafeld. Nach dem einjährigen Praktikum beim Centre for Energy and the Environment an der University of Exeter wo er bereits Erfahrung im Bereich Gebäudesimulation sammeln konnte, ist er jetzt wissenschaftlicher Mitarbeiter bei arsenal research in Wien und beschäftigt sich mit thermisch dynamischer Gebäude- und Anlagensimulation.



**Literatur:** [1] C. Sagerschnig, 2006: Das Produktdatenmodell der Industry Foundation Classes (IFC) in der thermischen Gebäudesimulation am Beispiel RIUSKA

[2] A. Seerig, 1999: Last- und Verbrauchsverhalten der Warenhäuser der Karstadt AG.

[3] A. Seerig, 2002: Grundlagenstudie Last- und Verbrauchsprognose, VDEW - Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke

[4] A. Seerig, 2001: Grundlagenstudie Fahrplansystem, RWE Energie AG, Essen

## M+W Zander Facility Management GmbH, Austria

Leonard-Bernstein-Straße 10, 1220 Wien

Telefon +43-1-21147 – 43103

Telefax +43-1-21147 - 43203

[sabine.harrer@mwz-fm.at](mailto:sabine.harrer@mwz-fm.at)

[www.mw-zander.at](http://www.mw-zander.at)

# m+w zander



total facility solutions



### Technisches

#### Gebäudemanagement

- ⊙ Betriebsführung (Betreiben der Anlagen, Dokumentation, Energie- und Störungsmanagement)
- ⊙ Behördliche Überprüfungen
- ⊙ Instandhaltung (sämtliche technischen Anlagen)
- ⊙ Umbauten
- ⊙ Instandhaltung von Mietereingängen

**SERVICECENTER: Mobile Einsatztruppe für Technisches Gebäudemanagement.**

### Infrastrukturelles

#### Gebäudemanagement

- ⊙ Hausmeisterdienst
- ⊙ Schlüsselverwaltung
- ⊙ Reinigung
- ⊙ Bewachung
- ⊙ Gebäude-Sicherheit
- ⊙ Außenanlagen (Winter-, Grün-Dienst)
- ⊙ Pflanzenpflege
- ⊙ Abfallwirtschaft
- ⊙ Umzüge
- ⊙ Office Services: Empfang / Telefonzentrale / Poststelle
- ⊙ Botendienste
- ⊙ Fuhrparkverwaltung
- ⊙ non-core Dienstleistungen für Mieter

### Kaufmännisches

#### Gebäudemanagement

- ⊙ Mieterbetreuung
- ⊙ Vertragsmanagement
- ⊙ Versicherungswesen
- ⊙ **seit 1.1.2008 ACCOUNTING + REPORTING für SPC (special purpose companies)**
- ⊙ Mietanpassung
- ⊙ Objektbuchhaltung
- ⊙ Mahn- und Berichtswesen
- ⊙ Kostenerfassung- und Kontrolle
- ⊙ Kostenoptimierung
- ⊙ Abrechnung, Budgetierung
- ⊙ Flächenorganisation
- ⊙ Inventarisierung