

# Weather forecast auch für Gebäudeleitsysteme

von Elsbeth Heinzelmann

**Forscher von ETHZ, Empa, MeteoSchweiz und der Siemens Building Technologies kombinieren in einem gemeinsamen Projekt neueste Entwicklungen in Gebäudetechnologie, Wettervorhersage und Regelungstechnik, um das Klima im Innern von Gebäuden besser zu regulieren. Damit lassen sich Energieverbrauch und Betriebskosten senken, zudem genießt der Benutzer einen höheren Komfort.**

Ein Blick auf die Website von MeteoSchweiz zeigt uns, dass uns ein kühler Regentag bevorsteht. Wir schlüpfen in den Regenmantel und wickeln den Wollschal um den Hals. So wie wir unsere Körpertemperatur nach den Angaben des Wetterdienstes regulieren, so könnten wir diese Daten auch für ein optimales Raumklima im

Innern von Gebäuden nutzen. Witterungsgeführte Regelungen und Steuerungen für Heiz- und Kälteanlagen sind kein Novum, doch dass sich diese nach den aktuellen Wetterprognosen richten, ist bisher nicht üblich.

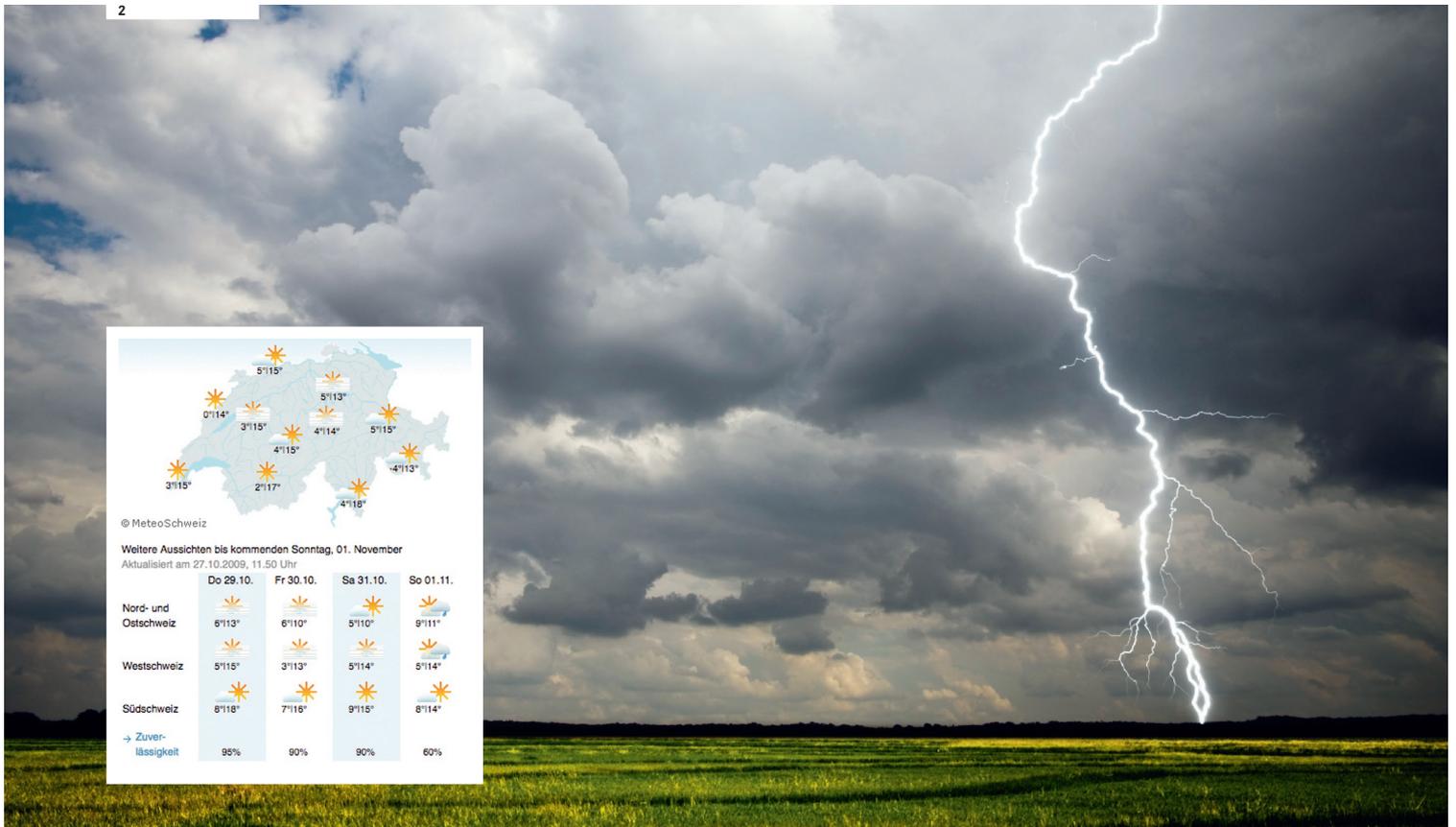
## Schulterschluss für technologisches Neuland

Im Einsatz raffinierter Gebäudetechnologien und erneuerbarer Energien schlummert ein beachtliches Potenzial, verschlingen doch Gebäude mehr als die Hälfte des Primärenergiebedarfs in Europa. Es gibt jedoch immer komplexere Gesamtsysteme, deren Betrieb unter stark variierenden Randbedingungen wie Wetterlage, Raumbelegung und Strompreise optimiert werden muss. Unter Federführung des Klimaspezialisten Dimitrios Gyalistras der Gruppe Terrestrische

Systemökologie, ETH Zürich, engagierten sich deshalb das Institut für Automatik der ETHZ, die Empa, MeteoSchweiz und Siemens Building Technologies (Siemens BT) seit dem Jahr 2007 im Projekt OptiControl (Use of Weather and Occupancy Forecasts for Optimal Building Climate Control). Es geht darum, gemeinsam das Potenzial einer vorausschauenden Regelung von Gebäuden zu untersuchen, industriekompatible Regelalgorithmen zu entwickeln und diese an einem realen Objekt auszutesten. Angepeilt werden die integrierte Raumautomation von Büros sowie das generische Management von Energieflüssen in Gebäuden. Finanziert werden diese Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten durch Swisselectric Research, das Kompetenzzentrum für Energie und Mobilität CCEM-CH und die Siemens BT als Industriepartner. In einem ersten Schritt ging es darum, passende Simulationsmodelle und -Software zu entwickeln, um mit Computersimulationen konventionelle und neuartige Regelstrategien miteinander zu vergleichen. Zu Letzteren zählen besonders MPC (Model Predictive Control)-Ansätze, da sich diese für die prädiktive Regelung komplexer Systeme



1 Aufnahme aus dem Testlabor.



2 Durch die Einbindung von Wetterprognosen-Daten in Regelsysteme lassen sich diese relativ trägen Systeme genauer und sparsamer regeln.

gut eignen. Die Wissenschaftler verwenden dazu ein zeitdiskretes Modell des zu regelnden Prozesses. Damit können sie dessen zukünftige Zustände in Abhängigkeit von Eingangssignalen berechnen. Darauf aufbauend lassen sich unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Eingangs- und Zustandsbeschränkungen optimale Eingangssignale zur Minimierung einer gegebenen Zielfunktion (beispielsweise Energieverbrauch oder monetäre Kosten) kalkulieren. Mit ausführlichen Simulationsstudien und detaillierten Vergleichen konnten für ausgewählte Gebäudetypen, Haustechniksysteme und Standorte die möglichen Einsparpotenziale ermittelt werden. Gleichzeitig wurden Verfahren entwickelt, um die hochaufgelösten numerischen Wettervorhersagen der MeteoSchweiz mit Hilfe meteorologischer Messungen an die lokalen Gegebenheiten des Gebäudestandorts anzupassen. Zudem werden die noch verbleibenden Vorhersage-Unsicherheiten modelliert und ein robuster, stochastischer MPC-Algorithmus entwickelt, der diese Unsicherheiten mit berücksichtigt.

### Kernstück: Prädiktive Regelung

Bereits vor dem Start des OptiControl-Projekts wurde von Siemens BT ein modellprädiktiver Heizungsregler entwickelt, welcher inzwischen auf dem Markt erhältlich ist. Aufgabe dieses Reglers ist es, den Verlauf des Vorlauftempera-

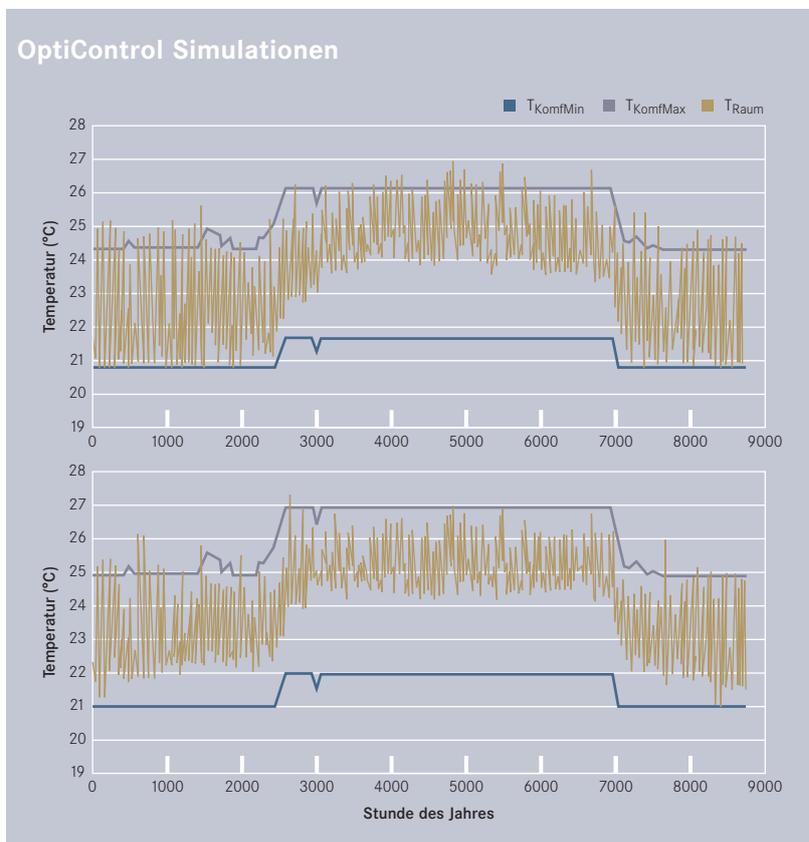
tur-Sollwertes über einen Optimierungshorizont von drei Tagen zu berechnen. Das Ziel ist, die angepeilte Raumtemperatur in diesem Zeitraum mit minimalem Energieverbrauch sicherzustellen. Der kalkulierte Verlauf des Vorlauftemperatur-Sollwertes kommt dann bis zum nächsten Takt – die Taktlänge beträgt 15 Minuten – zum Einsatz, worauf sich der Vorgang wiederholt. Für die zu jedem Taktzeitpunkt durchzuführende Optimierungsrechnung wird ein Modell des thermischen Verhaltens des Gebäudes und der Anlage verwendet, zudem eine Prognose der Aussentemperatur über den Optimierungshorizont. Damit schuf Siemens BT eine Alternative zur traditionellen, auf der Aussentemperatur basierenden Heizungsregelung, welche sich aus Heizkennlinie, Zeitschaltprogramm mit Start-Optimierung und aussertemperaturgeführter Heizfreigabe zusammensetzt. Die Vorteile liegen auf der Hand, denn bei minimalem Verbrauch ist ein hohes Mass an Komfort garantiert, zudem ist das System leicht verständlich, bietet einfaches Tuning sowie eine automatische Handhabung von Ausnahmesituationen.

Dass prädiktive Steuerungen in der Praxis funktionieren, zeigen die beiden bisher von Siemens BT realisierten Systeme im Leonardo Bürogebäude und im Sunrise Tower in Zürich. Beide Gebäude verwenden Thermoaktive Bauteilsysteme TABS. «Im Fall solcher TABS werden

die Heizungs- bzw. Kühlrohre direkt in die Betondecke gelegt. Damit erwärmt resp. kühlt sich die ganze Betonmasse der Decke. Über die Decke und den Boden wird dadurch Wärme abgegeben bzw. aufgenommen», erklärt Markus Gwerder, zuständiger Fachexperte bei Siemens BT, der das Projekt seitens Industriepartner betreut. «Ist das Gebäude gut isoliert, genügen schon Vorlauftemperaturen der Heizung von unter 30° C für die notwendige Abgabe von Wärmeenergie. Analog reichen für den Kühlfall Vorlauftemperaturen von circa 20° C.» In beiden Zürcher Vorzeigebauwerken stimmten die Siemens BT-Ingenieure die Vorlauftemperatur nicht auf die gemessene, sondern auf die vorhergesagte Aussentemperatur ab. Diese ist bis auf drei Tage hinaus in stündlicher Auflösung vom operationellen Vorhersagemodell Cosmo-7 der MeteoSchweiz erhältlich und wird automatisch ins Gebäudeleitsystem eingespielen. Angesichts der thermischen Trägheit der Betondecken wirken sich die von der Steuerung realisierten Vorlauftemperaturänderungen nur mit Verzögerung im Raum aus, weswegen eine frühzeitige Anpassung der Vorlauftemperatur von Vorteil ist.

### Mehr Komfort und zudem sparsam

Die im Projekt OptiControl bisher entwickelten Methoden und Werkzeuge erlauben während der Planungsphase der Gebäudeautomati-



on - Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Beschattung - die Evaluation des individuellen Falls durch den Einsatz vorausschauender Regelstrategien. «Zum Einsatz soll nur kommen, was dem Kunden nachweisbar Vorteile in seinem Gebäude verschafft», bringt es Markus Gwerder auf den Punkt.

Der Moment für die Einführung leistungsfähiger Gebäudeautomationssysteme ist ideal, denn wir müssen den Energiekonsum und die Energiekosten reduzieren. Die technische Lösung liegt in Reichweite, sind doch kostengünstige und leistungsfähige Prozessoren für modellbasierte prädiktive Regler ebenso verfügbar wie immer verlässlichere lokale Wetterprognosen. Die Akzeptanz seitens der Betreiber und Nutzer scheint gegeben, denn das Verhalten von Reglern basierend auf einer Wettervorhersage ist für die meisten Menschen nachvollziehbar. Zudem dürften sie von einem komfortableren Innenraumklima profitieren.

Innerhalb des Projektes OptiControl gilt es nun, die neuen Regelstrategien weiter zu entwickeln mit dem Ziel, praxistaugliche Lösungen zu schaffen. «Wir wollen die neuartigen prädiktiven Regelalgorithmen weiter verbessern und vereinfachen, sie als Prototypen in bestehende Gebäudeautomationssysteme einbinden und in der Praxis austesten», skizziert Manfred Morari, Professor am Institut für Automatik der ETH Zürich, die Zukunftspläne der Projektpartner.

So ist geplant, in einem Folgeprojekt einen Demonstrationsversuch in einem realen Gebäude durchzuführen. Die Resultate werden mit grossem Interesse erwartet, denn Spezialisten der Szene auf internationalem Parkett behaupten, dass Einsparungen an Energie bis zu 35 % möglich seien. «In den bisherigen Arbeiten im OptiControl-Projekt konnten die Projektpartner belegen, dass die neuen Lösungen für die integrierte Raumautomation in etlichen Fällen Energieverbrauch und Komfort in der Tat signi-

## Adressen

[www.opticontrol.ethz.ch](http://www.opticontrol.ethz.ch)

### ETH ZÜRICH

Institute of Integrative Biology  
Terrestrial Systems Ecology  
Terrestrische Systemökologie  
Universitätsstrasse 16, 8092 Zürich  
Fon +41 (0)44 633 60 85  
Fax +41 (0)44 633 11 36  
[info@env.ethz.ch](mailto:info@env.ethz.ch)  
<http://proto-sysecol.ethz.ch>

### ETH ZÜRICH

Automatic Control Laboratory  
Institut für Automatik  
Physikstrasse 3, 8092 Zürich  
Fon +41 (0)44 632 22 71  
Fax +41 (0)44 632 12 11  
[ifa@control.ee.ethz.ch](mailto:ifa@control.ee.ethz.ch)  
<http://control.ee.ethz.ch/>

### EMPA

Eidgenössische Materialprüfungs-  
und Forschungsanstalt  
Überlandstrasse 129  
Fon +41 (0)44 823 55 11  
Fax +41 (0)44 821 62 44  
[info@empa.ch](mailto:info@empa.ch), [www.empa.ch](http://www.empa.ch)

### METEOSCHWEIZ

Krähbühlstrasse 58, 8044 Zürich  
Fon +41 (0)44 256 91 11  
Fax +41 (0)44 256 92 78  
[www.meteoschweiz.admin.ch](http://www.meteoschweiz.admin.ch)

### SIEMENS BUILDING TECHNOLOGIES

Building Technologies  
Building Automation  
Sennweidstrasse 47, 6312 Steinhausen  
Fon +41 (0)58 557 92 00  
Fax +41 (0)58 557 92 30  
[info.ch.sbt@siemens.com](mailto:info.ch.sbt@siemens.com)  
[www.siemens.ch](http://www.siemens.ch)

### SWISSELECTRIC

Swisselectric Research  
Seilerstrasse 3, 3001 Bern  
Fon +41 (0)31 380 10 64  
Fax +41 (0)31 381 64 01  
[research@swisselectric.ch](mailto:research@swisselectric.ch)  
[www.swisselectric-research.ch](http://www.swisselectric-research.ch)

### AUTORIN

Elsbeth Heinzelmänn  
Journalistin Technik und Wissenschaft  
Nydeggestalden 10, 3011 Bern  
Fon +41 (0)31 311 14 61  
[cstgmbh@bluewin.ch](mailto:cstgmbh@bluewin.ch)

fikant verbessern», bilanziert Projektleiter Dimitrios Gyalistras. «Wie stark der Zusatznutzen ist, hängt jedoch wesentlich vom Gebäudetyp, Haustechniksystem und Standort ab.»