

Messprojekt Collins-Gebäude in Glasgow

Autor(en): **Gass, Jürg / Baumgartner, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **101 (1983)**

Heft 12

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75101>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Internationale Energieagentur (IEA)/Forschungsprogramm «Energy conservation in buildings and community systems»

Messprojekt Collins-Gebäude in Glasgow

Von Jürg Gass und Thomas Baumgartner, Dübendorf

Das Ziel des Projektes «Collins – Büro-Gebäude in Glasgow» ist, mittels eines breit angelegten Messprogramms Daten zu sammeln, die eine möglichst genaue Rekonstruktion der Energieflüsse innerhalb dieses mit einer Klimaanlage ausgerüsteten Gebäudes erlauben.

Die Schweizer Beteiligung an diesem Projekt bezweckt primär die Beschaffung dieser Messdaten, um diese mit den Resultaten des an der EMPA betriebenen Simulationsprogrammes DOE 2.1 zu vergleichen. Andere Verifikationsarbeiten, wie z.B. mit den Messdaten des unbewohnten Einfamilienhauses Maugwil oder am bewohnten Mehrfamilienhaus «La Chaumière» in Lausanne sind bereits durchgeführt worden oder im Gange. Eine Überprüfung im eigentlichen Einsatzgebiet des Programmes, nämlich beim klimatisierten Gebäude, steht noch aus. Neben der Möglichkeit, das Programm zu verifizieren und damit dessen Brauchbarkeit zu zeigen, bringt die Beteiligung an diesem Projekt eine entsprechende Vergrößerung des Know-how im Umgang mit dem Programm.

Einführung

Das zunehmende *Energiebewusstsein* der letzten Jahre hat bei der Planung von Gebäuden dazu geführt, dass *Rechenmethoden* für die *Voraussage des Energieverbrauches* eine zentrale Rolle zu spielen begannen. Eine grosse Zahl solcher Rechenmethoden unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit sind in letzter Zeit entwickelt worden. Eine spezielle Klasse innerhalb dieser Rechenmethoden wird durch die *Computerprogramme zur Simulation des Wärmehaushaltes* gebildet. Bei einer Simulationsrechnung wird das thermische Geschehen mittels möglichst genauen physikalischen Modellen in kleinen Zeitschritten durchgerechnet. Solche detaillierten Rechnungen bedürfen eines entsprechend grossen Vorbereitungsaufwandes; die thermischen Eigenschaften jedes einzelnen Bauelementes müssen genau beschrieben werden, ebenso die haustechnischen Anlagen und das Aussenklima (meist stündliche Wetterdaten der Temperatur, Strahlung, Wind, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit über ein Jahr).

Entsprechend dem grossen Arbeitsaufwand werden *Simulationsprogramme* nicht bei der Planung von einzelnen Wohnbauten verwendet. Die möglichen Anwendungsgebiete sind etwa die folgenden:

- Integrierte Planung und Optimierung von komplexen, klimatisierten Bauten;
- Einsatz als Forschungsinstrument, z. B. zur Erarbeitung allgemein gültiger Unterlagen über energieoptimales Bauen oder über Betrieb und Regelung von haustechnischen Anlagen;
- Überprüfung der Auswirkungen von

Normen und Gesetzen (z.B. im Zusammenhang mit dem Bedürfnisnachweis von Klimaanlagen).

Die Anwendung von Simulationsprogrammen bietet grosse Vorteile. Ist ein Gebäude einmal als «Programm-Input» vorbereitet, können daran mit sehr geringem Aufwand Modifikationen angebracht werden. So ist es möglich, verschiedene Ausführungsvarianten eines Gebäudes im Detail zu untersuchen und die optimale Lösung auszuwählen. Mit dem gleichen Arbeitsaufwand können dann auch alle notwendigen haustechnischen Anlagen bemessen werden. In Forschungsarbeiten können durch die Verwendung von Simulationsprogrammen oft Resultate gewonnen werden, für die sonst teure Experimente mit einem entsprechend grossen Zeitaufwand erforderlich wären.

Der Schritt zur Anwendung von Simulationsprogrammen für die Berechnung des Gebäude-Energiebedarfes verlangt die *Überwindung einer gewissen Schwelle*. Die Erarbeitung des notwendigen «Know-how» braucht eine entsprechende Zeitspanne. Für den praxisbezogenen Ingenieur lohnt sich die An-

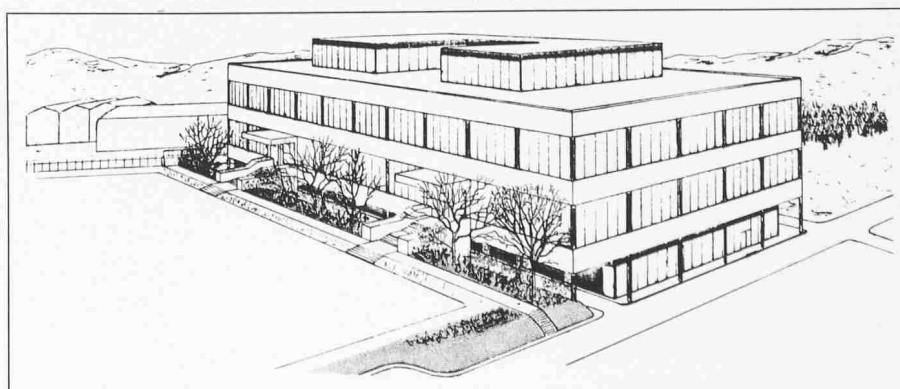
strengung zur Überwindung dieser Schwelle nur, wenn das notwendige Vertrauen in die Zuverlässigkeit solcher Rechenprogramme vorhanden ist.

Projekttablauf

Bereits zu Beginn der IEA-Forschungstätigkeit wurde das Problem der Gebäudesimulationsprogramme als wichtig identifiziert. Ein erstes Projekt (Annex I, 1976) versuchte mit Hilfe von *Vergleichsrechnungen an hypothetischen Gebäuden* etwas über die Zuverlässigkeit dieser Rechenprogramme auszusagen. Die Resultate unterscheiden sich aber derart, dass bald einmal klar wurde, dass man ohne den Bezug zu einem *realen* Gebäude nicht mehr weiter kommen würde. Die Planung eines entsprechenden Experimentes wurde daraufhin in Angriff genommen. Im Jahr 1979 wurde dann vom Executive Committee (Internationale Programmleitung) ein von mehreren Staaten gemeinsam finanziertes Projekt gutgeheissen. Mit der Durchführung der Arbeiten wurde die «Building Services Research Unit» der Universität Glasgow beauftragt. Als Objekt wurde das Verwaltungsgebäude der «Collins Publishers Ltd.» in der Umgebung von Glasgow gewählt. In die Kosten teilen sich die folgenden Staaten: England, USA, Kanada, Australien, Holland, Belgien und die Schweiz.

Die eigentlichen Projektarbeiten begannen im Frühjahr 1980. In einer ersten Phase musste das Gebäude analysiert werden, um einen *Messstellenplan* auszuarbeiten, der es dann erlaubt, alle wesentlichen Energieflüsse im Gebäude zusammen mit den massgebenden Randbedingungen zu messen. In einer zweiten Phase folgte dann die *Installation der rund 500 Messfühler* und ihrer Verkabelung sowie die Evaluation und Installation eines entsprechenden Datenloggers (gewählt wurde das System S35 von Schlumberger).

Bild 1. Ansicht des Collins-Gebäudes. Die beiden Haupteingänge führen direkt in den ersten Stock



Im ursprünglichen Projektplan war für die Vorbereitung der Messung etwa ein Jahr vorgesehen. Sehr bald musste man dann einsehen, dass eine Inbetriebnahme der Messungen nicht vor Mitte 1981 in Frage kam. Als dann die Hardware im grossen und ganzen installiert war, realisierte man, dass die Bewältigung der riesigen anfallenden Datenmengen (etwa eine halbe Million Zeichen pro Tag) noch zusätzlich einen grossen Software-Aufwand bedarf für Dekodierung und Kontrollen. So wurde der Messbetrieb über beschränkte Teile des Gebäudes im Februar 82 aufgenommen. Im Laufe des Sommers 82 konnten dann einige grössere zusammenhängende Datenstücke, die zwei ganze Stockwerke betreffen, gesammelt werden.

Auf Anfang Oktober war dann die Arbeit so weit fortgeschritten, dass der Messbetrieb über das ganze Gebäude aufgenommen werden konnte. Das Projektende war gemäss Vertrag auf Ende Sept. 82 vorgesehen. Die notwendigen Formalitäten für eine Projektverlängerung sind im Gange. Die Gesamtkosten des Messprojektes belaufen sich auf 440 000 Pfund, wovon die Schweiz 36 100 Pfund zu tragen hat. In diesen Beträgen ist die von den verschiedenen Rechenprogramm-Gruppen geleistete und noch zu leistende Arbeit nicht inbegriffen. Etwa zehn verschiedene Rechenprogramme für Gebäudesimulation wurden auf dieses Projekt angesetzt, mit dem Ziel, die Messdaten für ihre eigene Validierung zu verwenden. Durch die Organisation von gemeinsamen Rechenübungen findet ein wertvoller Erfahrungsaustausch statt.

Die bisher durchgeführten Vergleichsrechnungen mussten noch ohne Vergleich mit reellen Messdaten auskommen. Sie basieren auf den Gebäudespezifikationen und einem Wetterdatensatz einer anderen englischen Station.

In einer ersten Phase wurde der Wärme- und Kältebedarf der einzelnen Zonen ohne Einbezug des Klima-Systems gerechnet. Die Phase II erstreckte sich dann zusätzlich auf den Energiebedarf der Klima-Anlage. Phase III, die jetzt schon begonnen hat, arbeitet jetzt mit dem Vergleich mit Messdaten, wobei in der ersten Stufe nur das Temperaturverhalten bei abgestelltem System betrachtet wird.

Der Vergleich der Resultate der Phase I und II von verschiedenen Rechenprogrammen war vor allem dafür hilfreich,

- um sich abzusichern, ob man die Gebäudespezifikationen richtig verstanden hat;
- um sein Input-Modell einerseits zu verfeinern und andererseits von unnötigem Ballast zu befreien;

- um sich einen Überblick über die Energiebilanz des Gebäudes zu verschaffen und die für die Messung kritischen Punkte herauszuarbeiten.

Das Gebäude

Architektonische Angaben

Das Bürogebäude der Collins Verlagsgesellschaft liegt in Bishopbriggs in der Nähe von Glasgow. Seine geographischen Koordinaten sind 55° 54' Nord und 4° 12' West. Die Fassaden sind genau Nord-Süd bzw. Ost-West orientiert. Rundherum stehen einige niedrigere Gebäude, die aber kaum eine wesentliche Beschattung verursachen.

Das Gebäude (siehe Bild 1) besteht aus vier Geschossen und einem Keller. Im Keller und Erdgeschoss sind neben einer Eingangshalle Teile der Klimaanlage, ein Computerraum, eine Squash-Halle, ein grösserer Lagerraum und diverse Einzelbüros und Serviceräume untergebracht. Der erste und zweite Stock sind je gesamthaft als ein Grossraumbüro ausgestaltet und im dritten Stock sind Konferenzräume, eine kleine Wohnung sowie Teile der Klima-Anlage untergebracht.

Das Gebäude ist eine *Stahlskelett-Konstruktion* mit *Beton-Decken*. Die Fassade enthält einen Glasanteil von über 50 Prozent. Die Verglasung ist als *2fach-Isolierverglasung* mit einer *Sonnenschutzscheibe* ausgeführt. Der Rest der Fassade ist *Backsteinmauerwerk* mit einer *vorgehängten Marmorverkleidung*.

Das Klimasystem

Die beiden als Grossraumbüros benutzten Stockwerke sind je in eine Kern- und vier Randzonen mit je einer Tiefe

von 5 m eingeteilt. Diese Zonen werden durch ein variables Luftvolumensystem mit Luft von 16 °C beliefert. Der prinzipielle Aufbau dieses Systems und dessen Regelung sind in Bild 2 dargestellt. Für die Süd-, West- und Ost-Randzone wird bei Sonneneinstrahlung die Zuluft-Temperatur auf 11 °C abgesenkt. Der Frischluftanteil beträgt minimal 10%. Die Rückluft wird über die Lampen und den Hohlraum in der Doppeldecke abgesogen. Die Luftförderung wird je durch ein Paar Zuluftventilatoren (40 m³/s) und ein Paar Abluftventilatoren (36 m³/s), alle mit verstellbaren Schaufeln, besorgt. Sie sind so geregelt, dass in den Zuluftkanälen ein konstanter Druck herrscht. Ein zusätzliches System liefert aufgeheizte Luft in die Randzonen, um den Wärmeverlust durch die Fassade zu kompensieren. Ein ähnliches System versorgt auch den dritten Stock. Für den Rest des Gebäudes sind diverse kleinere Klima-Systeme vorhanden.

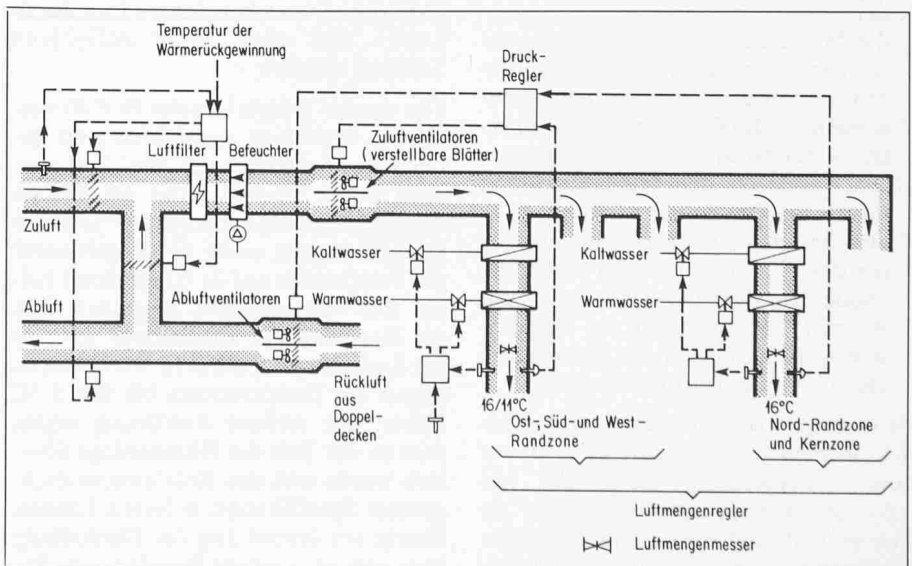
Für die Kühlung sind zwei Turbokompressoren installiert mit einer Kälteleistung von zusammen etwa 1,6 MW. Die Wärmetauscher sind so aufgeteilt, dass die von den Kompressoren abgegebene Wärme für den Heizwärmebedarf einzelner Zonen und die Warmwasser-Aufbereitung zurückgewonnen werden kann. Die nicht benutzte Abwärme wird über einen Kühlturm abgeführt.

Auswahlkriterien

Dass gerade das Collins-Gebäude für dieses Projekt ausgewählt worden ist, hat verschiedene Gründe:

- Die grossen Glasflächen geben eine starke Kopplung zwischen dem Aussenklima und dem Innenklima.
- Das variable Luftvolumensystem entspricht einem modernen Standard.

Bild 2. Prinzipieller Aufbau der Klimaanlage, Luftführung und Regelung in der variablen Luftvolumen-Anlage



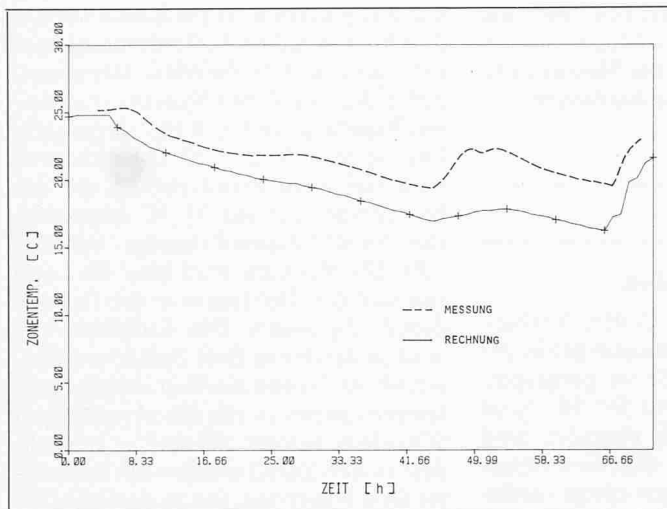


Bild 3. Frei schwingende Temperatur in der Kernzone über das Wochenende. Vergleich von Rechnung und Messung

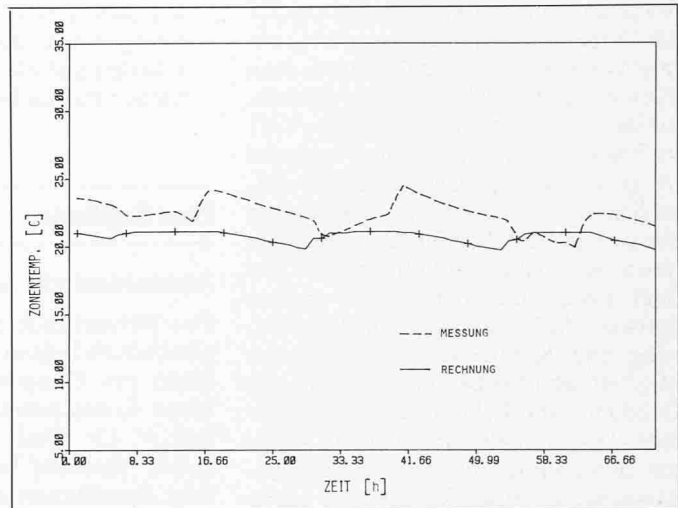


Bild 4. Temperaturverhalten in der Kernzone bei Anlagebetrieb, Vergleich des Ist-Zustandes mit dem nach Spezifikation errechneten Soll-Zustand

- Die Betriebsleute des Collins-Gebäudes sind engagiert, halten das System in gutem Zustand und sind sehr willens, mit dem Messprojekt zusammenzuarbeiten.

Ergebnisse

Die bis heute gemessenen Daten füllen bereits mehrere Magnetbänder. Die darin enthaltene Information ist so umfangreich, dass sie hier keineswegs zusammenfassend dargestellt werden kann. Vielmehr sollen anhand von zwei Beispielen die Probleme etwas beleuchtet werden, die sich bei der Durchführung von Messungen dieser Art, bei der Interpretation der gesammelten Daten und ihrer Anwendung für die Validierung von Computerprogrammen stellen.

Für einen Vergleich von Messdaten mit gerechneten Werten müssen

- die zu vergleichenden Werte aus der Datenmenge herausgezogen und in eine geeignete Form gebracht werden;
- die Wetterdaten in die als «Input» für das Rechenprogramm notwendige Form umgerechnet werden; insbesondere ist die Berechnung der direkten Sonnenstrahlung aus den gemessenen Werten der Globalstrahlung immer mit Problemen verbunden;
- alle übrigen Randbedingungen, die für den Energieverbrauch eines Gebäudes massgebend sind, wie zum Beispiel die Parameter des Regelsystems, durch eine meist aufwendige Datenanalyse ermittelt werden.

Beim ersten Beispiel, das hier behandelt werden soll, handelt es sich um eine Untersuchung über die frei schwingenden Temperaturen, wie sie sich bei vollständig abgestelltem Klimasystem über das Wochenende einstel-

len. In Bild 3 sind gerechnete und gemessene Temperaturverläufe aus der Kernzone des Grossraumbüros im zweiten Stock einander gegenübergestellt.

Eine Analyse dieses Vergleichs ergibt:

- Das System wird um die Stunde 6 ausgeschaltet. Vor der Stunde 4 sind keine Messdaten vorhanden. Über die Vorgeschichte des Temperaturverlaufs und die in der Gebäudestruktur gespeicherte Wärme ist nichts bekannt. Angenommen wurde eine konstante Temperatur von 25 °C.
- Um die Stunde 25 wird in der Zone Licht eingeschaltet, dessen Stromverbrauch, wie nachträglich bekannt wurde, fehlerhaft gemessen wurde.
- Um die Stunde 44 geschieht eine weitere sprunghafte Abweichung, es ist wiederum eine nicht genau bekannte innere Last durch Licht vorhanden.

Der Vergleich der beiden Kurven deutet darauf hin, dass das durch das Rechenmodell wiedergegebene Temperaturverhalten zu träge ist. Wegen der Unsicherheit der Randbedingungen (Anfangstemperatur, innere Last durch Licht) sind aber keine definitiven Schlüsse möglich.

Das zweite Beispiel (siehe Bild 4) vergleicht wiederum gemessene und gerechnete Temperaturen aus der gleichen Zone, diesmal unter der Woche mit arbeitendem Klimasystem. Gemäss Spezifikationen sollte das Regelsystem die Temperatur auf 21 °C konstant halten. Das Rechenmodell zeigt auch, dass die Kapazität der Kühlanlage dazu in der Lage gewesen wäre. In Wirklichkeit liegen die Temperaturen bis fast 5 °C höher. Die weitere Abklärung ergab, dass zu der Zeit die Klimaanlage überholt wurde und das Regelsystem nicht gemäss Spezifikation arbeiten konnte. Einzig am dritten Tag der Darstellung lässt sich über einige Stunden eine Re-

gelung der Lufttemperatur erkennen. Ein Vergleich von gemessenem und gerechnetem Energieverbrauch ist anhand dieser Daten nicht möglich.

Die ursprüngliche Vorstellung bestand eigentlich darin, dass von den Messungen nur die Aussenklimadaten als Programminput umgearbeitet werden müssen und die gerechneten und gemessenen Energieverbräuche einander gegenübergestellt werden können. Die Erfahrung zeigt aber, dass wesentlich mehr Daten bearbeitet und analysiert werden müssen, um einen sinnvollen Vergleich durchführen zu können.

Schlussbemerkungen

Die Schweizer Beteiligung an diesem internationalen Projekt im Rahmen der IEA wird durch den NEFF (Nationaler Energieforschungsfonds) finanziert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Die Schweiz wird in diesem Projekt vertreten durch die EMPA, Abt. Bauphysik, im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Sie ist auch Empfänger der Datenbänder. Diese Daten stehen aber jedermann zur Verfügung, der diese für eigene Programmentwicklungen oder Überprüfungen anwenden will. Interessenten wenden sich an die Autoren.

Literatur

- Frank, Th., Gass, J., v. Allmen, B.: «Rechenprogramm zur Ermittlung des Gebäude-Energiebedarfs». Heizung und Lüftung 3 (1981), S. 39
- Marcus, I.: EMPA-Bericht 41643/2
- Favre, P., Trachsel, Ch.: «Erste Resultate vom Messgebäude «La Chaumière» der ETH Lausanne»
- Comparison of Load Determination Methodologies for Building Energy Analysis Programs DOE/CE/20184-1, Januar 1981

Adresse der Verfasser: Dr. J. Gass und Th. Baumgartner, Ing. HTL, EMPA, Abt. Bauphysik, 8600 Dübendorf.