

Energieeffizienz – lessons learned

Als ich in den 90er Jahren an der TU Braunschweig Architektur studierte, stand plötzlich das Thema Energie im Mittelpunkt vieler Diskussionen. Im Vorfeld der Einführung der Wärmeschutzverordnung '95 wurde von vielen Seiten argumentiert, die Freiheit der Architekten würde nun endgültig durch das restriktive Normenwerk eingeschränkt. Aufgrund der erforderlichen Wärmedämmung entstünden in Zukunft nur noch Styropor-Kisten und "Schießscharen-Architektur".

Kurze Zeit später errichtete Christoph Ingenhoven mit dem RWE-Turm in Essen das erste "ökologische Hochhaus"¹ als Auftakt einer um sich greifenden Verglasungsmode. Glas als transparenter Baustoff steht seitdem für Modernität, Offenheit, Demokratie, Innovation, Ökologie und diverse andere Werte. Die neuen Gebäude lösten die vollklimatisierten und verspiegelten (und ebenfalls weitgehend verglasten) Bürotürme nach amerikanischem Vorbild ab.

Von der Transparenz des Baustoffs war es ein kurzer Weg zu dem Argument, diese neuen Gebäude wären energieeffizient, schließlich nutzten sie durch die Glasfassaden die Solarenergie aus. U.a. um Sommer und Winter gerecht zu werden, griff man auch auf die aus der Baugeschichte bekannte Form der Doppelfassade zurück. Für Architekten, denen gerade diese Variante spannende Gestaltungsmöglichkeiten bot, und für Ingenieure war dies eine gleichermaßen interessante Herausforderung.

Karl Gertis² veröffentlichte Ende der 90er Jahre eine erste umfassende theoretische Untersuchung zu den neuen Konzepten, die sich hinsichtlich der Energieeffizienz kritisch äußerte. Gleichzeitig bemängelte er, dass eine "erdrückende Fülle qualitativ-beschreibender Arbeiten" vorläge, aber die dringende Notwendigkeit von "Messungen unter praktischen Bedingungen" bestehe. Die Unwissenheit über die Praxistauglichkeit der verglasten Fassaden führte nicht nur dazu, dass die Kombination "Glas = Ökologie" oft unkritisch und inflationär vermarktet wurde, sondern auf der anderen Seite auch Kritik in der Regel auf ebenso dünner Erkenntnisgrundlage geäußert wurde.

Erst durch die Forschung, u.a. im Forschungsprogramm EnOB – Energieoptimiertes Bauen des Bundeswirtschaftsministeriums – und durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, wurde nach und nach Licht in die tatsächliche Performanz von Bürogebäuden gebracht. In mittlerweile mehr als 20 EnOB-Demonstrationsgebäuden wurden nicht

nur energieoptimierte Konzepte entwickelt und umgesetzt, sondern diese auch anschließend im Betrieb messtechnisch überwacht.

Am IGS – Institut für Gebäude- und Solartechnik an der TU Braunschweig – unter Leitung von Norbert Fisch haben wir einige der Konzepte entwickelt. Anschließend haben wir die Gebäude untersucht und im Betrieb festgestellt, dass eine Steigerung der Energieeffizienz um mehr als 50 % gegenüber dem Standard ohne Komforteinbußen erreicht werden kann. Prominentes Beispiel ist das EnergieForum Berlin, in dem u.a. ein verglastes und nach Süden ausgerichtetes Atrium dank einer bauphysikalisch hochwertigen Gebäudehülle und schlanker Gebäudetechnik im Sommer nicht überhitzt – mit höchster Transparenz und ohne zusätzlichen Sonnenschutz.

Allerdings zeigten die Gebäude auch, dass diese Qualitäten nicht mit den traditionellen Methoden realisiert werden konnten. Die neuen Architekturkonzepte verlangten ein Umdenken in allen Bereichen: in Planung, Errichtung und Betrieb. Relativ schnell setzte sich der Begriff der "Integralen Planung" durch. Wollte man schlanke Technikkonzepte und transparente Gebäude schaffen, die keine Energiefresser waren und guten Komfort boten, musste man am Anfang des Planungsprozesses alle Aspekte berücksichtigen: Standort, Gebäudehülle, Heizung, Lüftung, Kühlung, Gebäudeautomation etc. Die komplexen Anforderungen führten dazu, dass in immer mehr Projekten frühzeitig ein Experte eingebunden wurde, der die verschiedenen Fäden aus Gestaltung, Konstruktion und Technik in einem integralen Konzept verbinden konnte. Seitdem ist der Energiedesigner ein fester Bestandteil anspruchsvoller Projekte und unerlässlicher Partner für Bauherrn und Architekten.

Diese Projekte machten jedoch noch etwas deutlich: Die komplexen Konzepte und der anspruchsvolle Planungsprozess erforderten es, auch die Qualitätsstandards bei der Errichtung und im Betrieb zu verbessern. Die effiziente Betriebsweise von Anlagen war in den Demonstrationsgebäuden trotz guter Planung nicht immer von Anfang an erfolgreich umgesetzt worden. Oft wurde erst durch das zweijährige wissenschaftliche Monitoring die angestrebte Energieeffizienz erreicht.

Für uns waren die kontroversen Diskussionen über die Glasarchitektur und die Erkenntnisse aus den Forschungsprojekten der Anlass, die oben erwähnten "innovativen" und "ökologischen"

Gebäude, die diese Optimierungsphase nach der Fertigstellung nicht durchlaufen hatten, ebenfalls auf den Prüfstand zu stellen. 2004 begann das IGS in verschiedenen Forschungsprojekten die Evaluierung von Energieeffizienz und Nutzerkomfort in Nicht-Wohngebäuden im Betrieb.

Die ersten Projekte werden zurzeit abgeschlossen. Die Ergebnisse sind vielfältig. So wurden sowohl in Büros mit Lochfassaden wie auch Räumen mit großem Glasanteil in der Fassade hohe Zahlen von Überhitzungsstunden gemessen. In beiden Gruppen gab es jedoch auch Räume mit gutem Komfort. Die Energieeffizienz lässt sich ebenfalls nicht eindeutig zuordnen. Ein hoher Verglasungsanteil in der Fassade muss nicht zwangsläufig zu einem extrem hohen Energieverbrauch führen.

Im Nachhinein scheinen sowohl Glasfanatiker wie -kritiker der gleichen Versuchung erlegen zu sein: Durch ihre Sichtbarkeit wurde die Verglasung in ihrer Wirkung auf den thermischen Komfort und die Energieeffizienz von beiden Seiten überschätzt und andere Einflüsse vernachlässigt. So wird die Überhitzung neben dem Verglasungsanteil von vielen anderen Aspekten maßgeblich beeinflusst, z.B. dem Lüftungsverhalten der Nutzer und den internen Wärmelasten durch Beleuchtung und Geräteausstattung. Insbesondere in anlagentechnisch hoch installierten Gebäuden hängt der Energieverbrauch stark von der Klimatisierung und ihren Zielvorgaben für den Komfort ab. Die eingestellten Luftwechselraten, Befeuchtungs- und Entfeuchtungs-Sollwerte sowie die Präzision, mit der Temperaturen durch Einzelraumregelungen gesteuert werden, haben jedoch nur sehr bedingt mit der Gestaltung der Fassade zu tun.

Viel wichtiger waren jedoch andere Erkenntnisse. Die Gebäude funktionierten oft nicht so gut, wie es der Planung

nach eigentlich möglich wäre. Das Fehlen klarer Vorgaben aus der Planung für den Betrieb, mangelnde Qualitätssicherung und fehlende Information und Schulung für die Nutzer führen offensichtlich dazu, dass die Konzepte nicht immer in der Praxis ankommen. Die Möglichkeiten der Betriebsüberwachung sind oft nicht geeignet, um die komplexen Regelungsstrategien der Gebäude zu prüfen und zu optimieren.

Das IGS wird deshalb einen neuen Fokus auf die energetische Betriebsoptimierung legen. Neben der integralen Planung ist aus unserer Sicht die kontinuierliche Qualitätssicherung über den gesamten Lebenszyklus von zunehmender Bedeutung. Gebäude werden eine höhere Energieeffizienz nur durch höhere Qualitätsniveaus in Planung, Errichtung und Betrieb erzielen.

Genauso wie nicht jedes Gebäude "das preisgünstigste" oder "das langlebigste" sein wird (und es auch nicht sein soll), wird auch nicht jedes Gebäude das energieeffizienteste sein. Die Aufgabe eines ganzheitlichen Energiedesigns ist es, die Ziele des Architekten zu verstehen und alle technischen Aspekte in einem konstruktiven Dialog frühzeitig darzustellen. So gelingt es, die Vielschichtigkeit von Architektur zu bewahren und gleichzeitig Gebäude zu schaffen, die guten Komfort und eine vertretbare Energieeffizienz bieten. Dass dies möglich, wenn auch naturgemäß nicht immer erfolgreich ist, zeigt das innovative Bauen als kontinuierlicher Verbesserungsprozess, der mit jedem neuen Gebäude weitergeführt wird. Ein kontinuierliches Feedback – "lessons learned" – sollte hierbei ein Anliegen aller Beteiligten sein.

Die nächsten Schritte hierzu sind bereits festgelegt: Mit der EBPD (European Building Performance Directive) hat die Europäische Union bereits 2002 allen Mitgliedsstaaten vorgegeben, einen





Fotos: Jörg Hempel

gesetzlichen Rahmen für die ganzheitliche Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden zu schaffen. In Deutschland haben sich dabei zwei Richtungen herausgebildet. Zum einen wird auf Basis der neuen DIN 18599 die bisherige Methodik des Wärmeschutznachweises auf den Strombedarf von Lüftung, Kühlung und Beleuchtung als Bedarfsnachweis – also als berechnetes Planungsziel – ausgedehnt. Zum anderen wird der Energieausweis eingeführt, der einen Maßstab auf Basis tatsächlich gemessener Verbrauchswerte bietet.

Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Der Bedarfsnachweis ist technisch präziser und kann verpflichtende Grenzwerte für die Planung durchsetzen. Er ist jedoch deutlich teurer als der Verbrauchsnachweis, der durch seine vergleichsweise unscharfe Performanz-Bewertung eher über den Immobilienmarkt wirken und das Energiebewusstsein stärken wird. Unsere Forschungsergebnisse zeigen, dass auf dem Weg zu einem energieeffizienten Gebäudebestand beide Verfahren notwendig sind. Deutschland ist mit den beiden Ansätzen und ihrer Implementierung in 2008 zurzeit weltweit führend.

Für die Bauherrn und Planer kann eine weitere Chance genutzt werden. Die Diskussion um energieeffizientes Bauen wurde seit den 70er Jahren zu Recht mit einem starken Fokus auf Wohngebäuden geführt. Den jeweiligen gesetzlichen Verordnungen voraussend entstanden hier der Niedrigenergie- und Niedrigstenergie-Standard, die KfW-40 und 60-Standards, das Passiv- und das 3-Liter-Haus und sogar Null- und Plus-Energiehäuser.

Diese "Label" haben die Entwicklung

zu mehr Energieeffizienz im Wohnungsbau stark befördert, jedoch vermutlich nicht immer zu Klarheit der technischen und wirtschaftlichen Hintergründe beigetragen. Deshalb ist vor einer direkten Übertragung auf Nicht-Wohngebäude zu warnen. Nicht-Wohngebäude wie z.B. Bürogebäude, Museen, Konferenz- und Einkaufszentren sind erheblich komplexer als Wohngebäude. Was gut gemeint ist, kann hier wirtschaftlich und auch ökologisch leicht ins Gegenteil kippen.

Die neue Energieeinsparverordnung und die DIN 18599 geben hier klare und gleichzeitig flexible Vorgaben. So braucht man in Zukunft kein Label mehr, sondern kann die Energieeffizienz eines Gebäudes in einigen wenigen Zahlen ausdrücken: als Endenergiebedarf für Wärme und Strom bzw. als gesamter Primärenergiebedarf. Genauso wie es heute beim Spritverbrauch von Autos üblich ist (nur sind es hier die "kWh pro Quadratmeter" und nicht die "Liter pro Kilometer"). Auf der Verbrauchsseite wird es wie bei der Klassifizierung von Kühlschränken funktionieren: Grün ist gut, Rot ist schlecht. Und es deutet sich schon an, dass es mit dem CO₂-Footprint vielleicht bald einen durchgängigen Maßstab für Energieeffizienz gibt.

Im Forschungsprogramm EnOB wurde der oben beschriebene Ansatz in den letzten Jahren erfolgreich umgesetzt. Als Ziel war jeweils ein Grenzwert von 100 kWh/(m²a) für Heizen, Kühlen, Lüftung und Beleuchten inklusive der Hilfsenergien zu unterschreiten. Dieser Zielwert ist weit anspruchsvoller als die EnEV es vorgeben wird: Diese Gebäude benötigen nicht einmal halb soviel Energie wie konventionelle Gebäude.

In der Zukunft sollen weitere Demo-Gebäude mit Förderung des Bundeswirtschaftsministeriums errichtet werden. Bauherrn, die innovative Technologien und Konzepte umsetzen möchten, bietet sich hier eine Chance, ihre Gebäude von den ersten Skizzen bis in den Betrieb mit Unterstützung aus der Forschung zu optimieren und gesicherte Erkenntnisse aus den Gebäuden zu ziehen. Wichtig ist der frühzeitige Kontakt zu den wissenschaftlichen Einrichtungen, um die Möglichkeiten für jedes einzelne Projekt zu klären.

Das Thema Energieeffizienz von Gebäuden wird zurzeit international mit verschiedenen Initiativen in einen noch größeren Kontext gestellt. Ziel ist die ganzheitliche Bilanzierung und Bewertung von Gebäuden. So ist in den USA derzeit der LEED-Standard (Leadership in Energy and Environmental Design) auf dem Vormarsch, der neben der Energieeffizienz z.B. auch den Einsatz von Materialien, die Bodenversiegelung und die Verkehrsanbindung von Gebäuden bewertet. In Japan wird mit CASBEE (Casbee Assessment System for Building Environmental Efficiency) eine Methodik eingeführt, die nicht nur den Aufwand z.B. an Energie und Material bewertet, sondern auch den Nutzen z.B. durch Komfort-Standards.

Hier fehlen in Deutschland einheitliche Konzepte, allerdings sind die deutschen Standards in einzelnen Aspekten bereits deutlich höher. So werden nach LEED bereits Qualitätspunkte vergeben, wenn Arbeitsplätze mit Tageslicht versorgt werden. In den USA hat man bereits erkannt, dass eine gute Planung noch keine gute Performanz im Betrieb garantiert. "Measurement & Verification" gewinnen auch hier an Bedeutung.

Mit den neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Energieeffizienz sind wir für den Klimawandel gut gerüstet. Entscheidend wird die Frage sein, welche Ziele wir uns innerhalb dieses Rahmens setzen und wie wir unsere Optimierungsmöglichkeiten wirtschaftlich einsetzen. Aus unserer Sicht ist es sinnvoll, neben die Investitionsprogramme für die Sanierung des Gebäudebestands auch verstärkt Akzente in der energetischen Betriebsoptimierung zu setzen. Das Potenzial im Betrieb ist offensichtlich vorhanden und hat gegenüber Baumaßnahmen zwei wichtige Vorteile: Die Optimierung wirkt in der Regel sofort und ist oft mit geringen Kosten zu realisieren. Wenn man also die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Optimierungsmaßnahmen stellt – wie spare ich mit einem Euro die meiste

Energie ein? – ist die energetische Betriebsoptimierung sicherlich eine der effektivsten Maßnahmen.

Was bedeutet das alles für die Architektur im Klimawandel? Es wird nicht einfacher werden, gute Gebäude zu bauen. Die Vorgaben werden auch in Zukunft umfassender und detaillierter werden, ihre Berücksichtigung in der Praxis aufwändiger. Dies ist unvermeidlich und dem Erkenntniszuwachs geschuldet, den Forschung und Entwicklung liefern, sowie den steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz.

Eine weitere energetische Verbesserung unseres Gebäudebestands ist jedoch notwendig und möglich. Es stehen gute Planungswerkzeuge zur Verfügung. Der Weg führt über mehr Qualität, vom ersten Gespräch mit dem Bauherrn bis in den Betrieb. Voraussetzung ist, Bauherrn für Qualität zu sensibilisieren. Nach unseren Erfahrungen gehen Bauherrn in der Regel immer noch davon aus, dass ein Gebäude "plug & play" funktioniert. Das ist bei modernen Gebäuden nicht so, sie erfordern mehr Aufwand und dieser muss anerkannt und honoriert werden.

Darüber hinaus ist die Ausbildung von Architekten und Ingenieuren sowie Schulung und Information von größter Bedeutung: Insbesondere die Fähigkeit aller Akteure, Gebäude als Ganzes zu denken, muss weiter in den Mittelpunkt rücken. Dies gilt nicht nur für Architekten und Fachingenieure, sondern schließt auch Bauherrn, Nutzer und Facility Manager ein.

1 Jacob, Werner, "Out of Rosenheim", Deutsche Bauschrift, Gütersloh, 11/2002
2 Gertis, Karl, "Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 2: Glas-Doppelfassaden (GDF)", Bauphysik 21, Heft 2, 1999

Stefan Plessner

Verwaltungsgebäude der Braun GmbH von Schneider+Schuhmacher: Die Daten der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik wurden durch das Institut für Gebäude- und Solartechnik der TU Braunschweig mit intelligenten Analyseverfahren untersucht, um Fehler zu identifizieren. Ohne nachträgliche bauliche Veränderungen und Investitionen ermöglicht das Optimierungskonzept eine verbesserte Regelung des Raumkomforts und eine Reduzierung des Energieverbrauchs um 25 -30 %.