

Performance Gap: Fachartikel über das Forschungsprojekt Compare Renove (optimal Sanieren) der Uni Genf

Energetisch wirkungsvoll sanieren

Sanierungen ermöglichen beim Energieverbrauch markante Verbesserungen. Die Einsparungen bleiben jedoch oft hinter den Planzielen zurück. Diesen «Performance Gap» zwischen geplantem und tatsächlich realisiertem Effizienzgewinn hat ein Forscherteam der Universität Genf nun anhand der Sanierung von 26 Bauten aus den 1960er-Jahren quantifiziert und auf seine Ursachen hin untersucht. Aus dem Projekt sind Empfehlungen hervorgegangen, wie sich das energetische Potenzial von Sanierungen künftig noch besser ausschöpfen lässt.

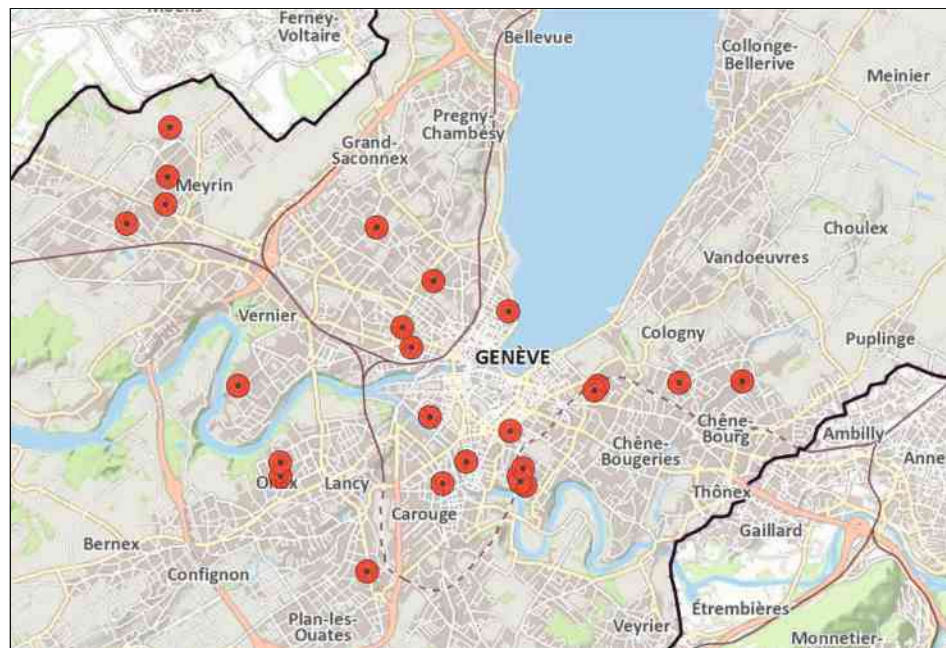
Benedikt Vogel, im Auftrag des BFE

■ Wenn es um den Wärmeverbrauch der Gebäude geht, schaut der Kanton Genf genau hin. Weist ein Gebäude mehr als fünf Wohneinheiten auf, muss der Eigentümer gegenüber den Behörden über den tatsächlichen Verbrauch Rechenschaft ablegen. Anhand dieser Auskünfte kann der Stadtkanton detailgenau nachvollziehen, wie sich der Energieverbrauch des Gebäudeparks entwickelt. Das Zahlenmaterial ist zugleich ein wertvoller Datenfundus um aufzuzeigen, wie stark eine energetische Sanierung den Energieverbrauch der betreffenden Immobilie gesenkt hat. Ferner liefern die Zahlen Antworten auf die Frage, in welchem Mass die mit der Sanierung angestrebten Ziele auch wirklich erreicht wurden.

Genau diese Erfolgskontrolle war die übergreifende Zielsetzung eines kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekts der Universität Genf. Die Wissenschaftler werteten die Daten von 26 Genfer Gebäuden mit insgesamt über 3000 Wohnungen aus, die überwiegend in den 1960er-Jahren erbaut und ab 2005 saniert wurden. Dank der Sanierungen konnte der Energieverbrauch für Heizwärme und Warmwasser, wie die Auskünfte der Eigentümer belegen, um durchschnittlich 29 % gesenkt werden. Das war die Ausgangslage für eine Untersuchung, an der fünf Forscherinnen und Forscher der Gruppe Energiesysteme des Instituts für Umweltwissenschaften und des Departements F.-A. Forel für Umweltwissenschaften und Wasser beteiligt waren. Das Forschungsprojekt wurde vom Bundesamt für Energie (BFE), vom Amt für Energie des Kantons Genf, von den Services industriels de Genève (SIG) und dem Swiss Competence Center for Energy Research on Future Energy Efficient Buildings & Districts finanziell unterstützt.



Eines der 26 untersuchten Gebäude: Die Immobilie mit 273 Wohnungen und einer Wärmebezugsfläche von 19 000 m² wurde 2013 nach dem Minergie-P-Standard renoviert. (Bilder: Universität Genf)



Die Gebäudeforscher der Universität Genf legen ihrer Studie 26 Gebäude in der Stadt Genf zugrunde, die überwiegend in den 1960er-Jahren erbaut und in jüngster Zeit renoviert wurden. (Grafik: Schlussbericht Compare Renove)



Ein Weiteres der 26 untersuchten Gebäude: Diese Immobilie mit 28 Wohnungen und einer Wärmebezugsfläche von 1640 m² wurde 2008 renoviert.



Diese Immobilie mit 63 Wohnungen und einer Wärmebezugsfläche von 5357 m² wurde 2008 nach dem Minergie-Standard renoviert.

Im Durchschnitt wird weniger als die Hälfte des Sparpotenzials realisiert

Es ist seit Langem bekannt, dass bei Bauvorhaben die Planzahlen mit den realisierten Gebäuden nicht immer in vollem Umfang übereinstimmen. Der Genfer Studie ist es nun gelungen, diesen Performance Gap mit beeindruckenden Zahlen zu belegen. Gemäss den Planzahlen (gestützt auf SIA-Norm 380/1) hätte der Verbrauch für die Bereitstellung der Heizwärme – je nach Gebäude – um 39 kWh/m² bis 156 kWh/m² abnehmen sollen. Die tatsächlich realisierten Einsparungen lagen indes markant tiefer: Vom gesamten Einsparpotenzial wurden im besten Fall 65 % realisiert, im schlechtesten Fall nur 29 %. Schlechtere Werte resultierten tendenziell bei Teilrenovationen, nach denen oft keine Neueinstellung der Heizkurven vorgenommen wird.

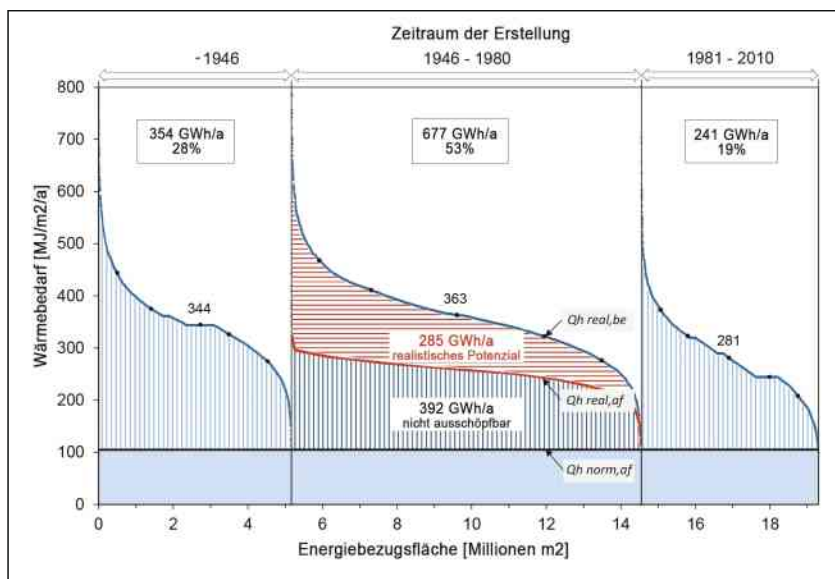
Dieser Befund stützt sich auf die Datensätze jener zehn der 26 Gebäude, bei denen alle für den Vergleich notwendigen Zahlen vorlagen und bei denen im Zuge der Renovierung die Wohnfläche nicht vergrössert wurde. Die Genfer Wissenschaftler denken, dass das Ergebnis grundsätzlich auf den Gebäudebestand des Kantons Genf bzw. auch der ganzen Schweiz verallgemeinerbar ist. Dazu sagt Jad Khoury, Experte für Energiesanierung an der Universität Genf und Hauptautor des Forschungsprojekts: «Wenn wir das in der aktuellen Sanierungspraxis beobachtete Muster auf alle grösseren Genfer Wohngebäude aus der Nachkriegszeit verallgemeinern, gelangen wir zum Schluss, dass weniger als die Hälfte (42 %) des theoretischen Einsparpotenzials bei der Heizenergie realisiert werden könnte. Ein ähnlicher Wert (46 %) ergibt sich mit Bezug auf

den Gesamtbestand der Schweizer Wohngebäude.»

Ursachen des Performance Gap (vor allem: 23 °C statt 20 °C + grösserer Luftaustausch)

«Diese Zahlwerte mögen erstaunen, für Insider kommen sie indes nicht ganz überraschend», sagt Pierre Hollmüller, Lehrbeauftragter der Universität Genf und Co-Autor der Studie. Tatsächlich wurde schon früher bemängelt, die der SIA-Norm 380/1 zugrunde gelegten Annahmen seien in der Wirklichkeit nur schwer erreichbar. So liegt die Temperatur in Wohnräumen in der gelebten Realität durchschnittlich bei 23 °C, nicht bei den von der SIA zugrunde gelegten 20 °C, wie die Genfer Forscher mit stündlichen Temperaturmessungen während der gesamten Heizperiode in sechs ausgewählten Gebäuden belegen konnten. Auch der Luftaustausch in den Wohnräumen liegt während der Heizperiode deutlich höher als die 0,7 Kubikmeter pro Quadratmeter Wohnfläche und Stunde, die die SIA-Norm vorsieht: Allein der Luftaustausch durch mechanische Lüftungsanlagen beträgt schon 1 m³/m² (Wärmerückgewinnung nicht berücksichtigt). Zieht man darüber hinaus den Zustrom von Frischluft durch Fensteröffnen mit ein, klettert der Wert bei einem Teil der Objekte gemäss Expertenschätzung auf 1,5 m³/m².

Höhere Raumtemperaturen und grösserer Luftaustausch scheinen die Hauptfaktoren zu sein, die den Performance Gap bei den Gebäudesanierungen erklären, wie die Wissenschaftler der Universität Genf in ihrer Untersuchung nachweisen konnten. Allein die um 3 Grad «zu hohe» Innentemperatur erhöht den Heizenergiebedarf um mehr als 30 %, hinzu kommt der Zusatzbedarf durch den «übermässigen» Luftaustausch. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die beiden Faktoren gemeinsame



Der Genfer Gebädeforscher Jad Khoury hat 2014 in einer Studie den Performance Gap über den gesamten Bestand an Genfer Wohngebäuden hinweg abgeschätzt. Die von der SIA-Norm 380/1 (2009) stipulierten, durch Gebäudesanierungen aber nicht realisierten Einsparungen betragen demnach 1273 GWh/a. Davon entfallen 677 GWh/a (bzw. 53 %) auf Gebäude, die zwischen 1946 und 1980 erbaut wurden. Khoury kam zum Schluss, dass von diesen 677 GWh/a rund 285 GWh/a (in der Grafik rot markiert) durch geeignete Massnahmen ausgeschöpft werden können. Skala links: 360 MJ/m²/a = 100 kWh/m²/a, vgl. *.

Wohnraum-Temperaturen

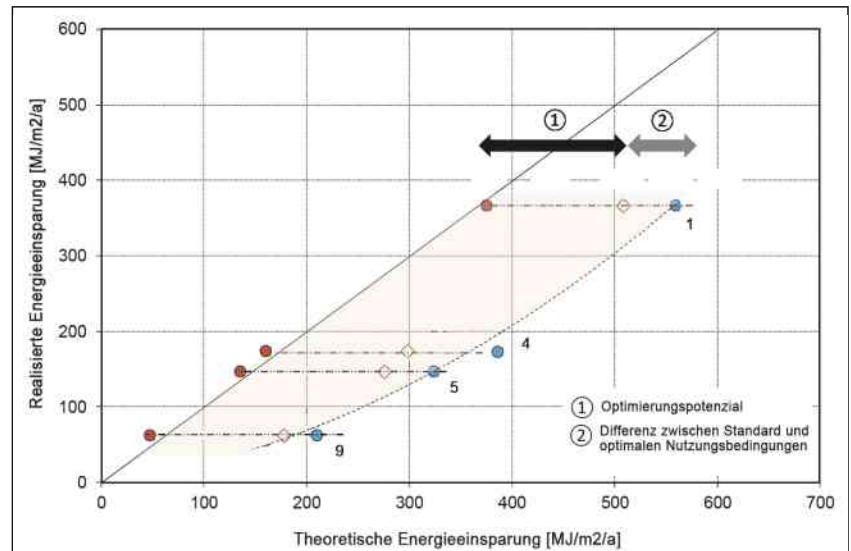
23°C = gelebte Realität, im Durchschnitt
 21.5°C = von den Bewohnern akzeptiert
 20°C = in SIA-Norm 380/1 zugrunde gelegt

Ursachen haben können. So führt beispielsweise eine unzureichende hydraulische Steuerung des Heizsystems mitunter zu erheblichen Temperaturunterschieden zwischen den Wohnungen eines Gebäudes, typischerweise in der Bandbreite zwischen 21 und 25°C. Als Folge öffnen die Bewohner in den «überheizten» Wohnungen dann die Fenster.

«In diesem Sinne verstehen wir diese Ergebnisse weder als Kritik an der SIA-Norm, noch als Kritik an der Qualität der Sanierungen, und auch nicht als Kritik am Verhalten der Nutzer», sagt Hollmüller. «Vielmehr müssen wir zur Kenntnis nehmen, dass Gebäudesanierungen wie andere Innovationsprozesse nicht linear ablaufen und in einem Schritt bereits zum optimalen Ergebnis führen, sondern wir müssen die Ergebnisse schrittweise verbessern», sagt der Genfer Wissenschaftler und fasst diesen Ansatz im Begriff «learning by using» zusammen.

Beratung durch Energieexperten

Die Wissenschaftler der Universität Genf kommen nicht in Versuchung, den Performance Gap als schicksalhaftes Faktum einfach hinzunehmen. Vielmehr legen sie es darauf an, den Performance Gap zu ver-



Die Grafik veranschaulicht für vier der untersuchten Gebäude (1, 4, 5 und 9) – jeweils mit einem blauen Punkt markiert – den Performance Gap zwischen der laut Planung theoretisch möglichen Energieeinsparung (horizontale Achse) und der tatsächlich realisierten Energieeinsparung (vertikale Achse): Bei Gebäude 1 wurden mit der Sanierung rund 65% des theoretischen Einsparpotenzials realisiert, also ca. 370 der planerisch veranschlagten ca. 570 MJ/m²/a, bzw. ca. 105 von 160 kWh/m²/a (Umrechnung MJ/kWh: 360 MJ = 100 kWh, vgl. *). Bei Gebäude 9 waren es nur 35%. Gebäude 4 und 5 liegen in der Mitte. Sie haben das theoretisch mögliche Einsparpotenzial etwa zur Hälfte ausgeschöpft. Doppelpfeil 1 veranschaulicht das Optimierungspotenzial, wenn man «realistische» Komfortansprüche der Bewohner (Innentemperatur von 21,5°C, Luftaustausch von 1,1 m³/m²) zugrunde legt. Die verbleibende Differenz (Doppelpfeil 2) lässt sich kaum realisieren, weil hier die SIA-Norm Vorgaben macht, die Bewohner erfahrungsgemäss nicht akzeptieren. (Grafik: Schlussbericht Compare Renove, Bearbeitung B. Vogel)

ringern, indem sie das realistischerweise ausschöpfbare Einsparpotenzial beziffern – und Wege aufzeigen, wie sich dieses Potenzial ausschöpfen lässt. Ein wichtiger Ansatz bestünde nach Auffassung der Genfer Forscher darin, Sanierungen durch beratende Energieexperten begleiten zu

lassen – dies sowohl während den Renovationsarbeiten («Assistance à la Maîtrise d'Ouvrage énergie»/AMOen), als auch anschliessend im Betrieb («Assistance à la Maîtrise d'Usage»/AMU).

Die Forscher haben diesen Ansatz bei zwei Fallstudien im Zusammenhang

Empfehlungen zur Reduktion des Performance Gap					
Wichtigste Akteure P Propriétaire/Bauherren A Architecte/Architekt I Ingénieur/Ingenieur E Entreprises/Unternehmen R Régie/Verwalter U Utilisateurs/Bewohner					
	Ausgangszustand	Planung	Realisierung	Inbetriebnahme	Betrieb
Umsetzung	P Erwartungungen und Mittel gut eingrenzen, unterschieden zwischen Normrechnungen und realistischen Zielen	P Nach vordefinierter Planung eine vollständige oder etappenweise Renovation bevorzugen	A Qualität der Ausführung strikt kontrollieren, Umsetzung validieren, errechnete Ergebnisse im Fall von Änderungen aktualisieren	I Systeme und Regelungen kontinuierlich justieren nach Massgabe der realen Nutzungsbedingung	P Tatsächliche Performance mit realistischer Vorhersage vergleichen, wachen über ordnungsgemässen Fortgang und ständige Verbesserung der Performance
Expertise	A Gegebenen Zustand charakterisieren und die anfängliche Energie-situation identifizieren (Perimeter, Gebäude, Verbrauchsposten)	P Einfache, effiziente und robuste Lösungen bevorzugen, Lebenszykluskosten berücksichtigen, realistische Finanzierung erstellen, künftige Nutzung des Gebäudes integrieren	A Spezifikationen und Details der Konstruktion berücksichtigen, Konformität der ausgeführten Arbeiten mit Pflichtenheft prüfen	P Während der Inbetriebnahme alle betroffenen Akteure zusammenfassen, periodische Kontrollen während des ersten Betriebsjahres	P Betreiber und Nutzer informieren und sensibilisieren, sie motivieren sich einzubringen, Zufriedenheit evaluieren
Verantwortlichkeit	P Die verschiedenen Akteure bald ins Projekt einbeziehen	P Zuständigkeiten und Rollen klären, vollständiges Pflichtenheft und leistungsabhängige Entschädigung umsetzen	P Antworten auf die Ausschreibungen sorgfältig analysieren	P Brüche in der Kette der Verantwortlichkeiten der Akteure vermeiden, Verantwortlichkeit auf Betreiber übertragen	P Aufmerksamkeit der Betreiber gegenüber dem Pflichtenheft wecken
Ausbildung	A Erfahrung aus früheren Projekten und „best practices“ berücksichtigen	A Auf qualifiziertes und erfahrenes Personal achten (Weiterbildung,...)	A Entstehung einer besser koordinierten und Performance-orientierten Offerte unterstützen (Akkreditierung von Fachleuten, ...)	I Die für Energie zuständigen Verwalter im Energiemanagement (Technik, Verhalten, Organisation) ausbilden	I Planer assistieren den Betreibern bei der Handhabung der Installationen
Nachsorge	P Sich über den Wartungs- und Betriebsplan der Installationen und des Nachsorgeteams informieren	P Strategie für Massnahmen und Nachsorge vorsehen	I Systematische Massnahmen für die energetische Nachsorge etablieren, ebenso Alarmmechanismen um Fehlfunktionen zu entdecken	P Prüfen ob Nachsorge organisiert, über Regelsysteme informieren und diese erklären, schriftliche Dokumentation	P Gutes Funktionieren kontrollieren und Installationen optimieren, Störungen erkennen und die Gesamtleistung verbessern
Kommunikation	P Rückmeldungen der Nutzer und Betreiber berücksichtigen	P Sich des Engagements der Akteure versichern und eine vertrauensvolle Atmosphäre erzeugen, multidisziplinäres Team einrichten	P Austausch von Informationen und Synergien zwischen Akteuren begünstigen (z.B. Benutzung BIM-Werkzeuge), Austausch von Erfahrung und multidisziplinäres Wissen	A Gute Umsetzung von Inbetriebnahmeprotokoll, Handbüchern und Lieferanteninformationen sicherstellen, Aufdatieren von Plänen und Schemas	P Rückmeldung an Planer und alle betroffenen Akteure, Rückmeldung von Erfahrungen begünstigen, gute Erfahrungen weitergeben

Die Empfehlungen zur Verminderung des Performance Gap erstrecken sich auf alle Schritte des Sanierungsprozesses. (Tabelle: Schlussbericht Compare Renove, Bearbeitung B. Vogel)



Zwei Hauptautoren der Genfer Gebäudestudie: Dr. Pierre Hollmüller und Dr. Jad Khoury. Jad Khoury hat mit seiner Doktorarbeit einen Hauptbeitrag zu der Untersuchung geleistet. (Bilder: zVg)

mit der Sanierung von drei Gebäuden mit Erfolg umgesetzt, wie sie in ihrer Studie berichten. Bei diesen Gebäuden konnte das planerisch ausgewiesene Einsparpotenzial bei der Heizenergie deutlich besser realisiert werden. Konnten bei den zehn Gebäuden wie oben dargestellt bis zu 65 % des planerisch berechneten Potenzials ausgeschöpft werden, waren es in diesen beiden Fällen bis zu 80 % (vgl. Grafik mit Doppelpfeilen blau/rot). Dies gelang unter anderem durch Absenkung der Innentemperatur auf die von den Bewohnern akzeptierten 21,5°C und durch bessere Einstellungen der technischen Anlagen. Diese Optimierungsarbeiten hat das BFE im Rahmen seines Pilot- und Demonstrationsprogramms zu einem Teil finanziell unterstützt.

Alle Akteure miteinbeziehen

Auf der Grundlage ihrer Untersuchungsergebnisse formulierten die Wissenschaftler eine Reihe detaillierter

Empfehlungen, um den Performance Gap zu vermindern. Dabei listeten sie nicht nur geeignete Massnahmen auf, sondern benannten klare Zuständigkeiten im Verlauf des gesamten Renovationsprozesses. Die Empfehlungen stützen sich auf Interviews mit Experten aus der Praxis und der akademischen Welt, deren Vorschläge durch Tipps aus der einschlägigen Literatur ergänzt wurden (vgl. grosse Tabelle). «Um das energetische Potenzial von Sanierungen auszuschöpfen, müssen alle Akteure, die am Sanierungsprozesses mitwirken, die aktuellen Praktiken verbessern. Dies geht los beim Energie-Audit und endet mit der Nutzung der Gebäude durch Bewohner und Haustechniker», sagt Jad Khoury. Khoury hat unterdessen zu den Industriellen Werke Genf (SIG) gewechselt und ist dort für Energieplanung und Entwicklungsprojekte verantwortlich. Die SIG – ein rechtlich selbstständiger Staatsbetrieb – versorgen den Kanton Genf mit Strom, Wärme, Gas und Wasser, betreiben ein Glasfasernetz und kümmern sich um die Abfallentsorgung.

Nach Auskunft von Jad Khoury bereiten die SIG gegenwärtig neue Dienstleistungen vor, mit welchen der bei Gebäudeerneuerungen beobachtete Performance Gap verringert werden kann. «Die Dienstleistungen AMOe und AMU werden zurzeit in Pilotprojekten getestet und stehen ab dem kommenden Jahr zur Verfügung. Solche Konzepte sind

Der Gegenwert energetischer Sanierungen

Renovationen, zumal der Gebäudehülle, kosten gutes Geld. Gleichzeitig bringen sie einen erheblichen Gegenwert hinsichtlich Energieeffizienz, was sich in tieferen Betriebskosten niederschlägt. Die Forscher der Universität Genf haben in ihrer Untersuchung abgeschätzt, wie weit sich energetische Sanierungen durch spätere Einsparungen amortisieren lassen. Wichtig bei ihrem Ansatz: **Sie beziehen in ihre Berechnung nur jene Sanierungskosten mit ein, die wirklich der Verbesserung des energetischen Standards dienen, nicht dagegen Kosten, die für Erhöhung des Komforts oder Werterhalt anfallen.**

Die Wissenschaftler gelangen zu folgendem Schluss: «Wenn man die aktuellen Energiepreise und die aktuellen gesetzlichen Vorgaben zugrunde legt, sind Renovationen nach dem Minergie-Standard nahe an der Schwelle zur Rentabilität. Um dies auch bei den Minergie-P-Renovationen zu erreichen, müssten zusätzliche Anstrengungen unternommen werden.» Bei dieser Aussage ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Autoren jeweils eine 25-prozentige Subventionierung der energetischen Sanierungen annehmen.

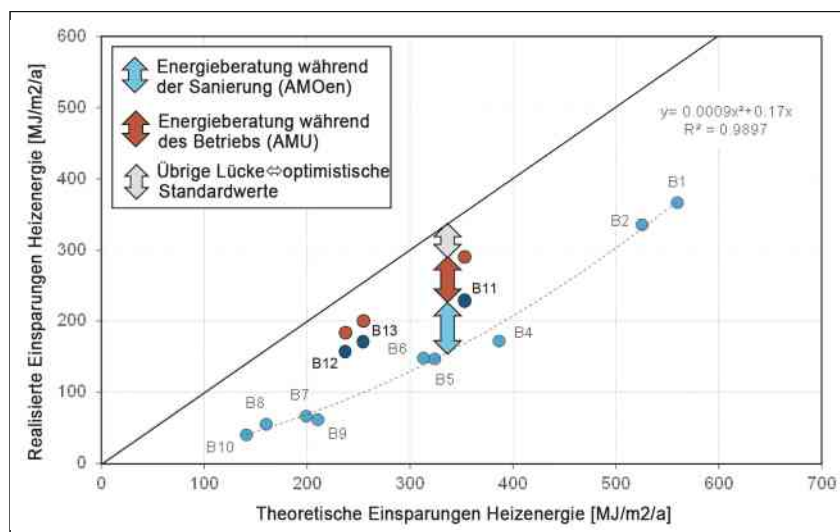
aus den USA und Kanada bekannt, werden in der Schweiz bisher aber noch kaum eingesetzt», so Khoury. Damit liessen sich die Ergebnisse der Studie wirkungsvoll in den Genfer Alltag umsetzen. Idealerweise könnte die Genfer Initiative dann schweizweit modellbildend wirken. Den wichtigsten Anknüpfungspunkt sieht Khoury in der Phase der Inbetriebnahme. «Hier gibt es am meisten Brüche, weil der Übergang von den am Bau beteiligten Firmen zu den Gebäudenutzern heute oft unzureichend gehandhabt wird.» Die SIG führen in Partnerschaft mit dem Kanton Genf bereits ein Pilotprojekt durch, welches das Ziel verfolgt, Zahl und Qualität von energieeffizienten Renovationen zu steigern.

Hinweise

Den Schlussbericht (145 S.) zum Projekt «Compare Renove» findet man unter: www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=34174.

Weitere Auskünfte zu dem Projekt erteilt Rolf Moser (moser@enerconom.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte: www.bfe.admin.ch/CT/gebaeude.



Um den Performance Gap zu vermindern, sollten Gebäudesanierungen durch Energieexperten schon während der Realisierung («Assistance à la Maîtrise d'Ouvrage énergie»/AMOen) und dann auch anschliessend im Betrieb («Assistance à la Maîtrise d'Usage»/AMU) begleitet werden, schlagen die Wissenschaftler der Universität Genf vor. Die beiden Doppelpfeile in Blau und Rot zeigen, dass dank der Beratungstätigkeit das planerisch veranschlagte Energiesparpotenzial bei Gebäude 11 erheblich besser ausgeschöpft werden konnte. Ähnlich erfolgreich war die beratende Unterstützung bei den Gebäuden 12 und 13 (Umrechnung MJ/kWh: 360 MJ = 100 kWh, vgl. *). (Grafik: Schlussbericht Compare Renove, Bearbeitung B. Vogel)

* Umrechnung: 1 kWh = 3.6 MJ, MJ / 3.6 = kWh, 100 MJ = 28 kWh, 360 MJ = 100 kWh.