

GEBÄUDEPLANER WAPPEN SICH GEGEN KLIMAWANDEL

Temperatur und andere Wetterdaten spielen bei der Gebäudeplanung eine wichtige Rolle. Die für die kommenden Jahrzehnte erwarteten Wetterveränderungen im Zuge des Klimawandels stellen somit eine Herausforderung für Gebäudeplaner dar. Eine Studie der Hochschule Luzern hat auf der Grundlage von drei realen Verwaltungsgebäuden simuliert, in welchem Mass Klimaänderungen die Auslegung von Kühlsystemen tangieren. Die Autoren empfehlen, angesichts der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels bei der Planung neuer Gebäude Reservekapazitäten bereitzustellen.

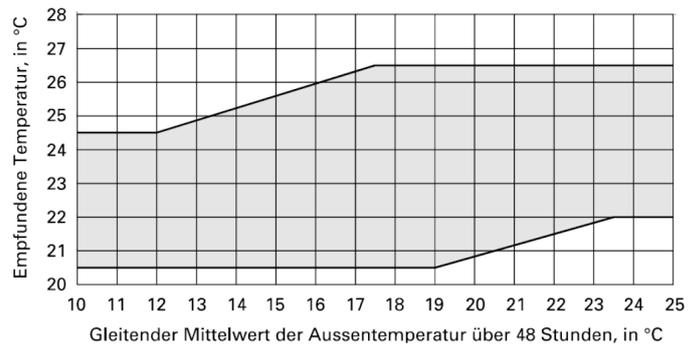


Führt der Ausstoss von Treibhausgasen zu einem Klimawandel, müssen sich Gebäudeplaner auf die neuen Gegebenheiten einstellen. B. Vogel

Die Kündigung des Pariser Klimaabkommens durch die Vereinigten Staaten von Amerika wurde von der internationalen Staatengemeinschaft mit Unverständnis aufgenommen. Denn in Wissenschaft und Politik herrscht ein grosser Konsens, dass der Klimawandel unstrittig ist und seine Eindämmung einer gemeinsamen Anstrengung bedarf. Ein landesweiter Forschungsverbund unter der Federführung der Eidgenössisch Technischen Hochschule (ETH) Zürich und des nationalen Wetterdiensts MeteoSchweiz hat im Jahr 2011 die Auswirkungen der Erderwärmung auf die Schweiz im Bericht «Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz CH2011» dargestellt. Im Begleitwort des Berichts schrieb Didier Burkhalter, der damalige Bundesrat und Vorsteher des Innendepartements: „Wir alle sind vom Klimawandel betroffen, dessen Auswirkungen wir jetzt schon spüren. Die Suche nach Lösungen und nach wissenschaftlichen Modellen, welche zukünftige Entwicklungen aufzeigen können, ist deshalb von grösster Bedeutung. Dieser Bericht liefert eine ausführliche Basis für die Diskussion und Reflexion in politischen und wirtschaftlichen Kreisen.“

Drei reale Gebäude als Grundlage

Ein Bereich, der auf den Klimawandel unmittelbar reagieren muss, ist die Gebäudetechnik. Ihre Aufgabe ist es schliesslich, das Raumklima innerhalb von Wohnungen und Büros in Abhängigkeit von der Wetterlage bedarfsgerecht zu regeln. Steigt die Temperatur, steigt der Kühlbedarf, und der Heizbe-

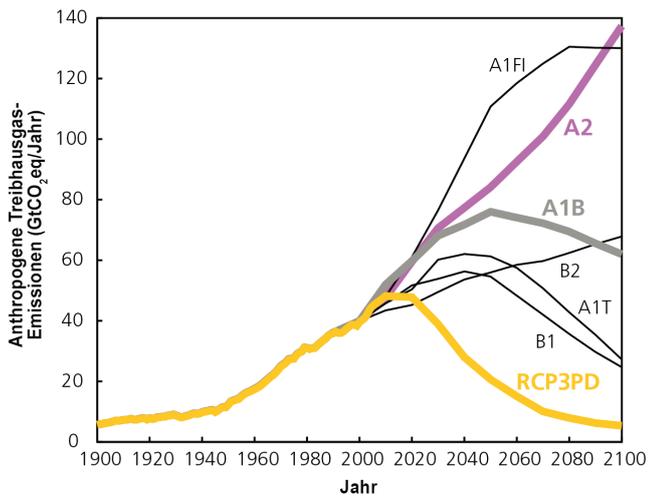


Die HSLU-Forscher mussten für ihre Untersuchung eine Festlegung treffen, welche Temperatur von Menschen als behaglich empfunden wird (graue Fläche). Die als behaglich empfundene Temperatur liegt tendenziell höher, wenn auch die Aussentemperatur höher ist. Liegt die empfundene Temperatur über dem grauen Bereich, liegt eine Überhitzungsstunde vor. Die in der Grafik dargestellte Festlegung stammt aus der SIA-Norm 382/1 (2014) für Wohn- und Büroräume mit mechanischer Lüftung. Die «empfundene Temperatur» ist nicht ein subjektiver Wert, sondern das Mittel zwischen der gemessenen Raumtemperatur und der gemessenen Temperatur der Wandflächen. Grafik: Schlussbericht ROGEK

darf sinkt. Zudem stellen längere Hitze- bzw. Kälteperioden erhöhte Anforderungen an Kühl- bzw. Heizsysteme. Weil die Folgen des Klimawandels sich nur längerfristig und damit schleichend manifestieren, werde diese Thematik von Gebäudeplanern noch viel zu wenig wahrgenommen, sagt Axel Seerig, Professor für Bauklimatik und Gebäudesimulation am

Pos.	Typ	Beispiel		Charakteristiken	
		Architektur/Raum	Gebäudetechnik	Gebäude	Bild
1	Referenz (Baujahr ca. 1980)	Bestandsbau; Lochfassade mit 50% Verglasung, Einzel- und Gruppenbüros, Decke Beton roh	Kühlung und Grundheizung durch Betonkernaktivierung; mechanische Lüftung im Deckenbereich, Deckenleuchten, Erschliessung der Arbeitsplätze über Brüstungskanäle	Actelion, Allschwil	
2	Altbau (Baujahr ca. 1930)	Bestandsausbau; Riegel, Lochfassade mit 30% bis 40% Verglasung, vorwiegend Einzelbüros, Unterlagsboden mit fugenloser Abdeckung, Decke Beton roh	Keine mechanische Kühlung, Gaskessel mit Radiatoren-Heizung, mechanische Lüftung im Deckenbereich, Deckenleuchten, Erschliessung der Arbeitsplätze funktioniert über Brüstungskanäle	Landis und Gyr Gebäude, Zug	
3	Neubau (Baujahr ca. 2000)	Bestand oder Neubau; Bandfassade, bis 90% Verglasung, Doppelboden, Decke Beton roh; überwiegend Grossraumbüros	Mechanische Lüftung, Kühlung durch deckennahe Kühlsegel, Sole/Wasser-Wärmepumpe, Quelllüftung über den Doppelboden	Europ Tec, Oftringen	

Die Forscher der Hochschule Luzern haben sich bei ihren Berechnungen an drei typischen Schweizer Bürogebäuden orientiert, wie sie hier stichwortartig beschrieben sind. Es handelt sich um einen Altbau, einen neueren Bau und einen Bau von 1980, der als Referenzbau fungiert. Die drei Bauten verfügen über ein für ihre Bauzeit typisches Kühlsystem. Für die Simulationen der Studie wurden die Gebäude gedanklich mit verschiedenen Kühlsystemen ausgerüstet. Tabelle: Schlussbericht ROGEK



ETH Zürich und MeteoSchweiz haben 2011 in ihrem Bericht «Szenarien zur Klimaänderung in der Schweiz CH2011» gemeinsam mit Partnern die Auswirkungen verschiedener Klimaszenarien auf die Schweiz untersucht, dies gestützt auf den Bericht des Weltklimarats (IPCC). Das Szenario «A1B» geht von einer Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 0.5 Grad bis 2035 im Vergleich zum Mittelwert der Periode 1980-2009 aus. Beim Szenario «A2» erhöht sich die Jahresmitteltemperatur entsprechend um 1.7 Grad bis 2035. RCP3PD zeigt zum Vergleich ein Szenario, bei dem die Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um die Hälfte reduziert werden. Die HSLU-Forscher verwenden in ihrer Untersuchung für das Szenario „A1B“ die Bezeichnung „A1B lower“ und für das Szenario „A2“ die Bezeichnung „A2 upper“. Grafik: CH2011

Institut für Gebäudetechnik und Energie der Hochschule Luzern (HSLU). «Gebäudetechniker stehen der Problematik des Klimawandels immer noch mit einer gewissen Ignoranz gegenüber», sagt Seerig, der sich seit 1992 als Planer, Berater und Dozent mit nachhaltigen Gebäude- und Energiekonzepten im deutschsprachigen Raum befasst. «Zwar berücksichtigen Planer die Wetterdaten des jeweiligen Standorts, im Planungsklima bleiben bisher allerdings meistens die künftigen Veränderungen im Zuge des Klimawandels unbeachtet.» Vor seiner Berufung als HSLU-Dozent hatte Axel Seerig beim Bau-dienstleister Gruner AG in Basel gearbeitet.

Unterschiedliche Kühlsysteme, verschiedene Klimaszenarien

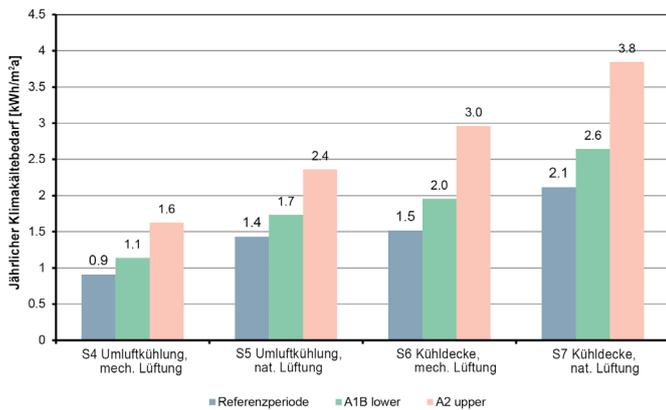
Seerig hat nun mit einem HSLU-Forscherteam in einer vom BFE finanzierten Studie die Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte gebäudetechnische Anlagen quantifiziert. Die Wissenschaftler legten ihrer Untersuchung drei typische Schweizer Bürogebäude zugrunde und statteten sie gedanklich mit den heute gängigen Kühlsystemen (siehe unten) aus; anschliessend berechneten sie, ob bzw. wie die fraglichen Kühlanlagen in den nächsten 30 Jahren mit den Folgen des Klimawandels fertig werden. Die zwei Hauptkenntnisse: Zur Bereitstellung der erwünschten Raumtemperatur wird unter den Bedingungen der Klimaerwärmung mehr Energie benötigt werden als heute. Und: Die heute installierten Kühlsysteme wären an vielen Tagen nicht mehr in der Lage, das erwünschte Raumklima herzustellen. In anderen Worten: Die Zahl der Überhitzungsstunden würde aufgrund des Klimawandels stark zunehmen, wenn man die heutigen Kühlsysteme nicht durch leistungsfähigere Anlagen ersetzt.

Die Forscher betrachten in ihrer Untersuchung die drei verbreitetsten mechanischen Kühlsysteme: 1.) Zuführung von Kaltluft mittels Klimaanlage (Luftkühlung), 2.) von kaltem Wasser durchströmte Kühldecken und 3.) von warmem oder kaltem Wasser durchströmte, in den Boden oder die Decke eingelegte Rohre (Betonkernaktivierung; bezeichnet auch als Thermoaktive Bauteilsysteme/TABS). Kühlen lässt sich bei entsprechender Aussentemperatur darüber hinaus aber auch «passiv», also ohne mechanisch betriebenes Kühlsystem, nämlich durch Öffnen der Fenster.

Um die Folgen des Klimawandels auf die Gebäudetechnik simulieren zu können, legten die Wissenschaftler ihren Berechnungen ein Szenario mit weniger ausgeprägter Erwärmung («A1B lower»; Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 0.5 Grad bis 2035 im Vergleich zum Mittelwert der Periode 1980-2009) und ein Szenario mit ausgeprägter Erwärmung («A2 upper»; Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 1.7 Grad bis 2035 im Vergleich zum Mittelwert der Periode 1980-2009) zugrunde. Die beiden Szenarien entstammen dem eingangs erwähnten CH2011-Bericht und gehen von einem schwächeren bzw. einem stärkeren Anstieg der Treibhausgas-Emissionen aus.

Verschieden hoher Energiebedarf nach Gebäudetyp

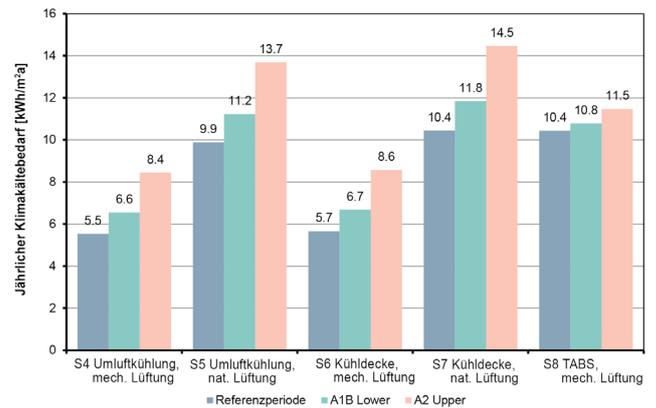
Die Simulationen der Luzerner Wissenschaftler zeigen: Der Energiebedarf für den Betrieb der Kühlsysteme nimmt aufgrund des Klimawandels für alle drei Gebäudetypen zu, allerdings nicht im selben Umfang. In den Grafiken auf Seite 4 ist die Zunahme für die zwei untersuchten Klimaszenarien und



Zunahme des jährlichen Energiebedarfs für Kühlung bei weniger ausgeprägter Klimaerwärmung («A1B lower») und bei ausgeprägter Klimaerwärmung («A2 upper»). Die dargestellten Simulationsergebnisse beziehen sich auf folgende vier Varianten (v.l.n.r.): Altbau mit Lüftungs- und Klimaanlage (S4), Altbau mit Klimaanlage und Lüften durch Fensteröffnen (S5), Altbau mit Kühldecke und Lüftungsanlage (S6), Altbau mit Kühldecke und Lüften durch Fensteröffnen (S7). Grafik: Schlussbericht ROGEK

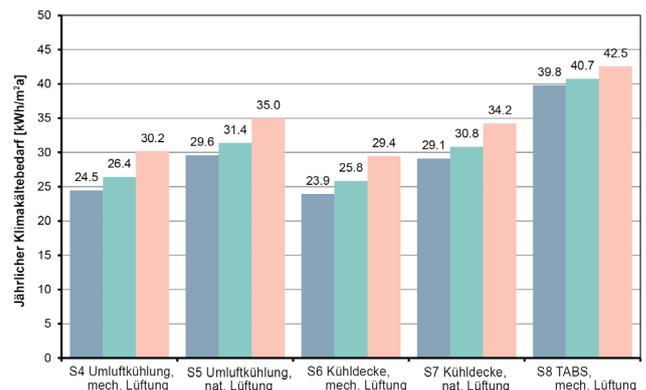
die jeweils für den Gebäudetyp charakteristischen Kühlsysteme dargestellt. Die geringste Zunahme des Energiebedarfs ist für den Altbau (oben links) zu beobachten, während die Zunahme beim Referenzbau (oben rechts) im mittleren Bereich liegt und beim Neubau (rechts unten) am höchsten ausfällt. Nimmt man den Durchschnittswert aller betrachteten Kühlsysteme, beträgt die Zunahme des jährlichen Energiebedarfs für Kühlung beim Altbau 1.2 kWh/m²a (nämlich von 1.5 auf 2.7 kWh/m²a). Beim Referenzgebäude beträgt die Zunahme 3.4 kWh/m²a (von 7.9 auf 11.3 kWh/m²a), beim Neubau sogar 5.4 kWh/m²a (von 26.8 auf 32.2 kWh/m²a). Generell gilt: Altbauten haben heute aufgrund ihres geringen Wärmewiderstands und ihrer hohen Wärmekapazität einen geringeren Energiebedarf zum Kühlen als moderne Bürobauten (hoher Verglasungsanteil, hohe solare Lasten). Zu beachten im Zusammenhang mit dem Energiebedarf ist zudem, dass der Temperaturanstieg im Winter zu einer Reduktion des Heizenergiebedarfs führt.

Ein näherer Blick lohnt sich auch auf die Ergebnisse bei der Zahl der Überhitzungsstunden. Auch hier zeigen sich wie beim Energieverbrauch erhebliche Unterschiede zwischen den drei untersuchten Gebäudetypen (vgl. Grafiken S. 5): Die grösste Zunahme an Überhitzungsstunden für das Klimaszenario «A2 upper» ist beim Referenzbau zu beobachten (ein Plus von durchschnittlich 166 Überhitzungsstunden über alle



Zunahme des jährlichen Energiebedarfs für Kühlung bei weniger ausgeprägter Klimaerwärmung («A1B lower») und bei ausgeprägter Klimaerwärmung («A2 upper»). Die dargestellten Simulationsergebnisse beziehen sich auf folgende fünf Varianten (v.l.n.r.): Referenzbau mit Lüftungs- und Klimaanlage (S4), Referenzbau mit Klimaanlage und Lüften durch Fensteröffnen (S5), Referenzbau mit Kühldecke und Lüftungsanlage (S6), Referenzbau mit Kühldecke und Lüften durch Fensteröffnen (S7), Referenzbau mit TABS und Lüftungsanlage (S8). Grafik: Schlussbericht ROGEK

Kühlsysteme hinweg betrachtet). Geringer ist die Zunahme beim Altbau (durchschnittlich ein Plus von 110 Überhitzungsstunden) und beim Neubau (durchschnittlich ein Plus von 99 Überhitzungsstunden). Werden im Neubau Kühlsysteme eingesetzt, sind diese in der Lage, die Zahl der Überhitzungsstunden zu begrenzen. Die Grafik zu den Überhitzungsstunden im Neubau (S. 5 unten) macht auch deutlich, dass die Zahl



Zunahme des jährlichen Energiebedarfs für Kühlung bei weniger ausgeprägter Klimaerwärmung («A1B lower») und bei ausgeprägter Klimaerwärmung («A2 upper»). Die dargestellten Simulationsergebnisse beziehen sich auf folgende fünf Varianten (v.l.n.r.): Neubau mit Lüftungs- und Klimaanlage (S4), Neubau mit Klimaanlage und Lüften durch Fensteröffnen (S5), Neubau mit Kühldecke und Lüftungsanlage (S6), Neubau mit Kühldecke und Lüften durch Fensteröffnen (S7), Neubau mit TABS und Lüftungsanlage (S8). Grafik: Schlussbericht ROGEK

der Überhitzungsstunden von der verwendeten Kühltechnologie abhängig ist: Da TABS relativ träge auf Erhöhungen der Aussentemperatur reagieren, ist die Zahl der Überhitzungsstunden höher als bei einer Klimaanlage mit Luftkühlung, die eine schnelle Kühlwirkung hat.

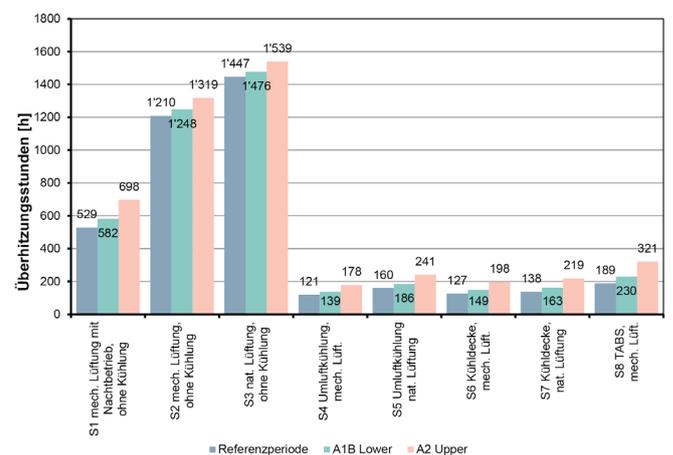
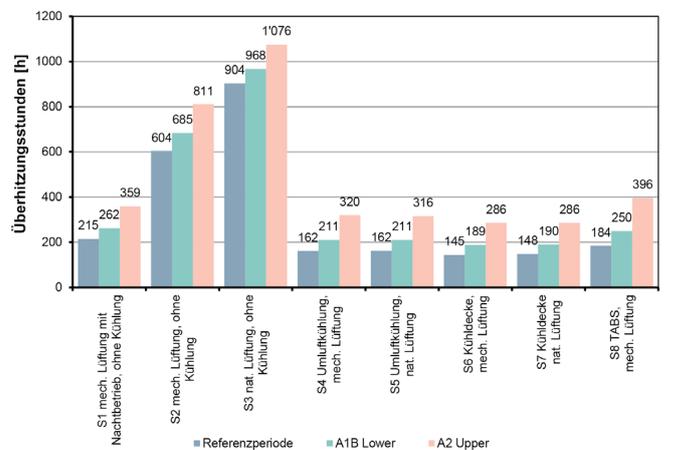
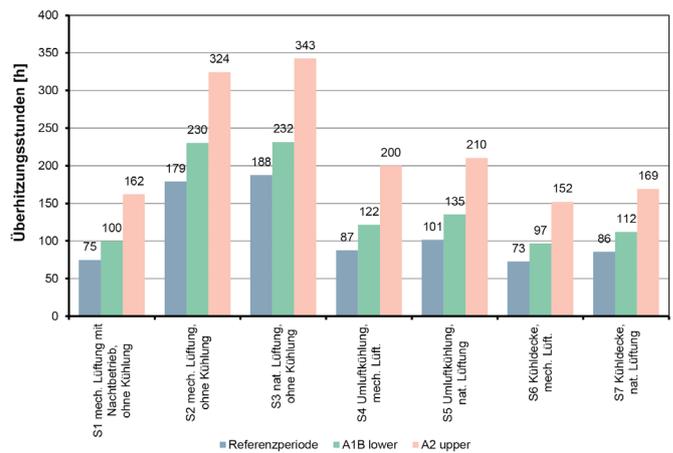
Unterschiedlich robust

Die Luzerner Forscher haben die Ergebnisse der Studie dazu benutzt, um die verschiedenen Kühlsysteme nach ihrer Robustheit zu bewerten. Dabei wurde ein Kühlsystem als „robust“ bewertet, wenn sich bei geänderten Randbedingungen die Überhitzungsstunden nicht oder nur minimal änderten. Die Forscher gelangen zu folgender Bewertung: „Da die Betonkernaktivierung ein träges System ist, kann es nicht sofort den Kühlbedarf decken. Um den gleichen Komfort in Bezug auf Überhitzungsstunden zu erreichen wie bei der Kühldecke und dem Luftkühlsystem, wird daher eine zusätzliche Vorkühlung benötigt. Aus energetischer Sicht sind diese Systeme daher ungünstig.«

Die Ergebnisse der Studie können Planern künftig helfen, Kühlsysteme adäquat und energieeffizient zu planen, betont Axel Seerig. Mit Blick auf den sich abzeichnenden Klimawandel empfiehlt der Luzerner Gebäudeforscher, für HLK-Anlagen bei der Planung Ausbaureserven vorzusehen, damit man die Systeme zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf nachrüsten kann (was bei TABS allerdings kaum bzw. gar nicht möglich ist). Axel Seerig: «Wenn eine Anlage eine Zunahme der Überhitzungstage um 30% bewältigen muss, muss ihre Leistung gesteigert werden können, um diese Zusatzlast zu bewältigen.» Falsch wäre laut Seerig, Klimaanlage wegen des erhöhten künftigen Leistungsbedarfs von Beginn weg überzudimensionieren. Das hätte den ungewollten Effekt, dass die Anlagen in den Anfangsjahren in Teillast betrieben werden müssten, was energetisch ineffizient ist. Die Überdimensionierung von Anlagen führt erfahrungsgemäss dazu, dass der Energieverbrauch insgesamt ansteigt, weil die Anlagen nicht optimal betrieben werden und die Räume dann zu stark beheizt oder in diesem Falle gekühlt werden.

Temperaturspitzen sind schon Realität

Die Studie der Hochschule Luzern macht deutlich, wie relevant der zu erwartende Anstieg der Durchschnittstemperatur im Zuge des sich abzeichnenden Klimawandels sein wird. Darüber darf aber nicht vergessen gehen, dass auch die Temperaturschwankungen, wie sie heute schon zwischen den einzelnen Jahren zu beobachten sind, die Klimaanlage vor immense Herausforderungen stellen. «Im Hitzesommer 2003



Die drei Grafiken zeigen die Zahl der Überhitzungsstunden für den Altbau (oben), den Referenzbau (Mitte) und den Neubau (unten), und dies jeweils für eine Auswahl von Kühltechniken, für die die HSLU-Forscher Simulationen erstellt haben. Betrachtet man die Zunahme an Überhitzungsstunden für das Klimaszenario «A2 upper» und ermittelt den Durchschnittswert für die jeweils untersuchten Kühlsysteme, dann zeigt sich: Beim Referenzbau steigt die Zahl der Überhitzungsstunden um 166, beim Altbau um 110 und beim Neubau um 99. Grafik: Schlussbericht ROG EK

waren viele Kühlsysteme der Schweiz überfordert», sagt dazu Rolf Moser, Leiter des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte. «Die Systeme müssten eigentlich bereits heute in einem gewissen Masse robust sein, was aber zu einer Überdimensionierung und zu Mehrkosten führt. In Zukunft wird daher in noch grösserem Masse als bisher schon die Frage an Bedeutung gewinnen, wie oft die Nutzer eine Überschreitung der Normbedingungen zu tolerieren bereit sind.»

- Den **Schlussbericht** zum Projekt «Robustheitsbewertung von integrierten gebäudetechnischen Kühlkonzepten in Verwaltungsbauten hinsichtlich Klima und Nutzervariabilität» (ROGEK) finden Sie unter: <https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=35211&Load=true>
- Weitere **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Rolf Moser ([moser\[at\]enerconom.ch](mailto:moser[at]enerconom.ch)), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte unter: www.bfe.admin.ch/CT/gebaeude.