

Gebäudeperformance lenken – Sinn und Unsinn in der Performance Gap-Diskussion

Carina Sagerschnig, Synergy BTC AG, carina.sagerschnig@synergy.ch, www.synergy.ch

Beat Frei, Aicher, De Martin, Zweng AG, beat.frei@adz.ch, www.adz.ch

Dimitrios Gyalistras, Synergy BTC AG, dimitrios.gyalistras@synergy.ch

Zusammenfassung

Résumé

Abstract

In der laufenden Diskussion zu Performance Gaps in Gebäuden werden viele verschiedene Fragen gleichzeitig behandelt. Mit der vorliegenden Arbeit wollen wir einen Beitrag zur Strukturierung der Diskussion leisten, den mangelhaften Stand des heutigen Wissens dokumentieren, sowie einige Empfehlungen vorstellen.

Wir präsentieren ausgewählte Resultate des BFE-Projekts "*Park-Gap – Performance Gap Gebäude: Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen für den Gebäudepark der Schweiz*", dessen Resultate auf einer sorgfältigen Analyse und Synthese von über 250 Quellen basieren.

Den heute vorliegenden Unterlassungen, Missverständnissen und Fehlinterpretationen bei Performance Gap-Studien ist mit einer breit abgestützten Diskussion zu entgegnen. Unsicherheiten sollten mittels sorgfältig konstruierter Messnetze und exakt darauf abgestimmter Open Source Software und Modelle quantifiziert und minimiert werden. Dabei gilt es, den Schutz der Privatsphäre und die gesellschaftliche Nachhaltigkeit sicherzustellen.

The ongoing discussion about “Performance Gaps” in buildings actually addresses a huge variety of issues. The work presented here aims at contributing to a more structured discussion, it documents shortcomings in the current state of knowledge, and provides some recommendations.

We report selected findings by the SFOE funded project “*Park-Gap – Performance Gaps in Buildings: State of Knowledge and Recommendations for the Swiss Building Stock*”. The project's results are based on a thorough analysis and synthesis of more than 250 sources.

We identify the need for a broad-based discussion in order to counter the omissions, misunderstandings and wrong interpretations found in present-day Performance Gap studies. To quantify and reduce uncertainties we recommend the use of carefully designed monitoring networks that are precisely adapted to corresponding Open Source software and models. In this process, privacy and social sustainability must be ensured.

1 Ausgangslage

In der laufenden Performance Gap-Diskussion werden viele verschiedene Fragen gleichzeitig behandelt. Wie ist die Qualität und Repräsentativität bestimmter Planungsverfahren oder Gebäudemodelle? Wie nahe kommt der Energieverbrauch des schweizerischen Gebäudeparks an den von der nationalen Energiestrategie angestrebten Entwicklungspfad? Wie entwickelt sich der Verbrauch aus nicht erneuerbaren Energiequellen?

Die Beantwortung einer jeden dieser Fragestellungen verlangt nach einem anderen Messkonzept und anderen Metriken. In der aktuellen Diskussion werden die verschiedenen Fragestellungen bunt gemischt behandelt [1, 2, 3]. Die betrachteten Systemgrenzen und die Bewertungskriterien für Gebäudeperformance ändern je nach Blickwinkel. Eine Diskussion der Ergebnisse von Performance Gap-Analysen über die jeweilige Systemgrenze hinaus und eine Aufarbeitung möglicher Zielkonflikte fehlen unseres Erachtens.

1.1 Ziele und Vorgehen

Mit der vorliegenden Arbeit wollen wir einen Beitrag zur Strukturierung der Diskussion leisten, den mangelhaften Stand des heutigen Wissens dokumentieren sowie einige Empfehlungen vorstellen. Wir berichten Resultate des BFE-Projekts „Park-Gap – Performance Gap Gebäude: Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen für den Gebäudepark der Schweiz“, das im Mai 2018 abgeschlossen wurde.

Das BFE-Projekt „ParkGap“ hatte zum Ziel, erstens, eine strukturierte Übersicht von Gap-Definitionen zu erstellen und die Beziehungen zwischen den relevanten Akteuren, Prozessen und Technologien über die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes zu kartieren. Zweitens wurden internationale Initiativen zum Erkennen, Analysieren und Reduzieren von Performance Gaps recherchiert und evaluiert und mit schweizerischen Projekten verglichen. Daraus galt es schliesslich Handlungsempfehlungen für eine gezielte und systematische Behandlung von Performance Gaps im Gebäudepark der Schweiz abzuleiten und zu priorisieren.

1.2 Was ist Gebäudeperformance?

Die Performance eines Gebäudes umfasst weit mehr als den Energieverbrauch (vgl. [4, 5]). Da aber die aktuelle Performance Gap-Diskussion vor allem auf das Thema Energie fokussiert, gehen wir hier als erstes auf diesen Aspekt ein.

Um den Energieverbrauch zu bewerten, ist die Bilanzgrenze des betrachteten Systems entscheidend. Im Gebäudesektor gibt es drei wichtige Stufen: Nutz-, End- und Primärenergie. Performance-Analysen, die sich auf ein grösseres Gebäudeportfolio oder einen nationalen Gebäudepark beziehen, sollten unseres Erachtens in der Regel alle drei Bilanzgrenzen thematisieren. Dies ist nötig, um einer möglicherweise fatalen Reduktion des Sachverhalts auf ein einziges Ziel vorzubeugen, sowie der Komplexität von Gebäuden und deren Energiehaushalt Rechnung zu tragen.

Was für die Bewertung der Qualität der thermischen Gebäudehülle die Nutzenergie ist, ist für die Betrachtung des Verbrauchs an Energieressourcen die Primärenergie. Zur Bestimmung der Effizienz von technischen Massnahmen wird die Endenergie benötigt, im Idealfall in Kombination mit der Nutzenergie.

Die Betrachtung der Gebäudeperformance wird noch anspruchsvoller, wenn nebst energetischen Fragestellungen auch weitere Gebäudeleistungen berücksichtigt werden. Im BFE-Projekt „ParkGap“ schliessen wir die Aspekte „Behaglichkeit“ und „Betriebskosten“ von Gebäuden in die Diskussion ein. Die Liste liesse sich beliebig um weitere Aspekte wie zum Beispiel die Graue Energie, die Schadstoffbelastung oder die Sicherheit erweitern.

Wir denken, dass keiner der sich ergebenden – energetischen oder sonstigen – Fragestellungen prinzipiell eine grössere Bedeutung oder Daseinsberechtigung als einer anderen zukommt. Die Aufgabe von Ingenieuren in Wissenschaft und Praxis sehen wir im Rahmen der Performance Gap-Diskussion darin, relevante Fragen zu formulieren, Komplexität und Multidimensionalität

methodisch zu meistern, Soll und Ist auf allen Ebenen sorgfältig zu analysieren, sowie das Resultat transparent und verständlich zu kommunizieren und Empfehlungen auszusprechen [6].

Auf der Ebene Einzelgebäude unterliegen Entscheide, die über die gesetzlichen Vorschriften hinausgehen, den Interessen und Prioritäten der Gebäudebesitzer. Dies ist bei der Beurteilung von Performance Gaps ebenso zu berücksichtigen, wie die oft zitierten Bedienungsfehler, Modellierungsunsicherheiten oder Nutzungsänderungen.

2 Stand des Wissens

Im Rahmen einer Literaturreview wurden über 250 nationale und internationale Quellen zum Performance Gap in Gebäuden identifiziert und analysiert. Es zeigte sich, dass die Quellen vorwiegend den Energy Performance Gap behandeln. Die Detailtiefe der gefundenen Studien variiert sehr stark und es wird ein breites Spektrum an empirischen Methoden und Modellen abgedeckt.

Energetische Performance Gaps sind meist multikausal begründet. Mögliche Gründe dafür sind:

- Hohe Sicherheitszuschläge
- Verwenden von Standardwerten und unvermeidbaren Vereinfachungen im Planungsprozess
- Informationsverluste im Lebenszyklus eines Gebäudes
- Verzicht auf eine kontinuierliche Betriebsüberwachung
- mangelnder Einbezug der Nutzer
- ungenügende Messkonzepte und Auswertemethoden

Diese Gründe können heute bestenfalls für einzelne Gebäude, jedoch nicht für Gebäudeparks nach Wichtigkeit rangiert werden.

Aus der gefundenen Literatur konnte nicht abgeleitet werden, ob im schweizerischen Gebäudepark als Ganzes überhaupt ein energetischer Performance Gap vorliegt, geschweige denn, wie gross er tatsächlich sein könnte, und was die wesentlichen Ursachen dafür sein könnten.

Bei der Analyse der nationalen und internationalen Studien stiessen wir auf eine Reihe von Unterlassungen und implizit gemachten Annahmen, die rasch zu Missverständnissen und Fehlinterpretationen führen können. Spezifisch sind wir auf die folgenden Problembereiche gestossen:

- Es existiert eine Vielzahl paralleler Performance Gap-Definitionen
- Variierende Messkonzepte und Analysemethoden werden bei Vergleichen zu wenig beachtet
- Die verschiedentlich getroffenen Vereinfachungen werden zu wenig hinterfragt
- Unsicherheiten werden in den meisten Schweizer Studien vernachlässigt
- Die Aussagekraft von Daten und Modellen wird oftmals überschätzt
- Resultate und Verallgemeinerungen werden tendenziell unkritisch übernommen

Auf der positiven Seite werden dank der Performance Gap-Diskussion die bestehenden Praktiken für das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden frisch thematisiert und von einer neuen Seite beleuchtet. Dies beinhaltet die folgenden Punkte:

- Anspruch, die Gebäudeperformance nachvollziehbar zu erfassen und zu bewerten
- Anspruch, Qualitätsanforderungen an Gebäude explizit zu formulieren und zu überprüfen
- Anstossen einer Diskussion zu Interessen und Erwartungen der Akteure und Konsumenten
- Thematisieren der Gebäudeperformance aus verschiedenen Blickwinkeln
- Thematisieren der Betriebsphase und der Rolle der Nutzer für die Gebäudeperformance
- Hinterfragen von Daten, Normen und Modellen in einem sich rasch wandelnden Umfeld

Die Ergebnisse der Literaturreview wurden in einem Konferenzbeitrag an der CISBAT 2017 in Lausanne vorgestellt [7] und sind ausführlich im „ParkGap“-Schlussbericht dokumentiert [8]. In den folgenden Abschnitten sind ausgewählte Beispiele zu den oben genannten Punkten ausgeführt.

2.1 Gap-Definitionen

Bei der Analyse von Gebäuden und Gebäudeparks stellten wir drei grundlegende Typen von Performance Gap-Fragestellungen fest, die mit unterschiedlichen Zielgrössen und Bewertungsmethoden einhergehen.

Performance Gap „Planungsstandard“

- Ziel: Überprüfen der individuellen Gebäudeplanung, aber auch der Richtigkeit, Genauigkeit und praktischen Fairness der Verfahren, die zur Regulierung der Planung beziehungsweise des Baus eingesetzt werden
- Vorgehen: Vergleich von Betriebsdaten mit Standardwerten gemäss Planungsrichtlinien, zum Beispiel Vergleich von Messdaten mit Planungsdaten nach SIA 380/1
- Zu beachten: Das Messkonzept ist auf das in der jeweiligen Richtlinie verwendete Modell abzustimmen

Performance Gap „Bauprojektziel“

- Ziel: Überprüfen der Gebäudeleistung im Betrieb
- Vorgehen: Vergleich von Betriebsdaten mit projektspezifischen Vorgaben, zum Beispiel Vergleich zwischen Messdaten und betrieblichen Sollwerten, die in der Planung festgelegt wurden
- Zu beachten: Kennzahlen, Messkonzept und Verantwortlichkeiten sollten bereits in frühen Planungsphasen festgelegt werden

Performance Gap „Entwicklungspfad“

- Ziel: Steuern des Entwicklungspfads eines Gebäudes oder Gebäudeparks
- Vorgehen: Vergleich von Betriebsdaten mit Vorgaben aus Referenzerhebungen („Benchmark“) oder extern gesetzten Zielen (zum Beispiel „Energierstrategie 2050“)
- Zu beachten: Die Zielgrösse muss verlässlich abgestützt sein (Repräsentativität, Streubreite, Konsensfindung)

Performance kann zudem individuell für einzelne Gebäude oder als summarische Betrachtung von grösseren Gebäudeportfolios erhoben werden. Auch bei der Betrachtung ähnlicher Fragestellungen unterscheiden sich die Analysen von Einzelgebäuden und Gebäudeparks. Für die Bewertung von grösseren Gebäudeparks ist die Anwendung statistischer Methoden Voraussetzung. Die Bestimmung von Gap-Ursachen kann in Gebäudeparks mit grösseren Unsicherheiten behaftet sein, wodurch die zu ergreifenden Massnahmen eine grössere Streubreite aufweisen müssen.

Die aktuelle Diskussion von Performance Gaps in Gebäuden bezieht sich in den meisten Fällen auf den Performance Gap „Planungsstandard“ für den Energieverbrauch, wobei die betrachteten Systemgrenzen variieren. Hier ist zu beachten, dass eine hohe Richtigkeit eines Modells aus Planungsrichtlinien („Compliance-Modell“) auf Portfolio-Ebene nicht zwingend zu einer hohen Genauigkeit der Vorhersage des Energieverbrauchs für Einzelgebäude führen muss – was auch nicht das Ziel sein muss (vgl. Definitionen von Richtigkeit und Genauigkeit¹). Die Zielsetzung der verwendeten Compliance-Modelle kann variieren: zwischen der Führung eines gesamten Gebäudeparks (zum Beispiel zur Erreichung der Ziele der Energiestrategie 2050) oder der möglichst genauen Vorhersage des zu erwartenden Energieverbrauchs eines Einzelgebäudes.

2.2 Unsicherheiten

Zur vollständigen Darstellung von Berechnungs- und Messergebnissen gehört eine Unsicherheitsanalyse. Die Angabe von Vertrauensbereichen dient dazu, die Belastbarkeit der Ergebnisse zu dokumentieren, ihre korrekte Verwendung in anschliessenden Berechnungen zu unterstützen, und aussagekräftige Vergleiche zu ermöglichen.

¹ Zur Definition von Richtigkeit und Genauigkeit siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Genauigkeit>

Die Unsicherheitsbetrachtung von Messungen bezieht sich auf zufällige Fehler. Zusätzlich können jedoch auch systematische Fehler vorliegen, zum Beispiel aufgrund von Einschränkungen des Messkonzepts oder von Mängeln der verwendeten Modelle und Berechnungsmethoden.

Ein grosses Potential für systematische Fehler liegt in der Berechnung des Nutzenergiebedarfs von Heizanlagen mithilfe des sogenannten Nutzungsgrades. Dieser ist gegeben durch das Verhältnis von Nutzenergie zu Endenergie unter Berücksichtigung der Wärmeverluste der Wärmeerzeugung, Wärmespeicherung und Wärmeverteilung (nach SIA 380/1:2009 [9]). Der Nutzungsgrad wird häufig herangezogen, da in den meisten Fällen eine direkte Messung der Nutzenergie als unwirtschaftlich erachtet wird.

Der Nutzungsgrad ist anlagenspezifisch und unter anderem abhängig von der Betriebsdauer in Teillast, den Heizmitteltemperaturen, der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs, sowie der Abstimmung zwischen dem Komponentendesign und dem Aufbau und Betrieb des Gesamtsystems.

Da der Nutzungsgrad nicht theoretisch hergeleitet werden kann, wird er meist als zeitlich konstant angenommen. Dies kann, je nach Berechnungsmodell, zu grossen Fehlern bei der Abschätzung des Nutzenergiebedarfs und der Untersuchung möglicher energetischer Performance Gaps führen.

Im Zusammenhang mit Unsicherheitsanalysen sei auf die frühere Version des Merkblatts SIA 2031 von 2009 [10] hingewiesen. Dort wurden folgende Hinweise für die Validierung von Eingabedaten eines Gebäudemodells festgehalten, die auch aus dem Blickwinkel der Performance Gap-Diskussion relevant sind:

- Eine Abweichung zwischen Messdaten und dem berechneten Energieverbrauch von 20% des grösseren Werts gilt als zulässig.
- Als Erfahrungswert für die Schwankungsbreite des Heizwärmebedarfs von gleichen, benachbarten Einfamilienhäusern wird ein Bereich von -50% bis +50% vom Mittelwert angegeben.
- Die vorgenannte relative Schwankungsbreite nimmt mit abnehmendem Energiebedarf eines Gebäudes zu.

Betreffend der Behandlung von Unsicherheiten enthält die Revision von 2016 weniger Handlungsempfehlungen als die Vorgängerin 2009. Die oben zitierten Hinweise entfallen in der Revision. Die Betrachtung von Unsicherheiten ist ebenfalls in der Norm SIA 380/1 seit 10 Jahren mit jeder Revision rückläufig.

2.3 Regelkreise

Regelkreise im Sinne kontinuierlicher Korrektur- und Verbesserungsprozesse in sozio-technischen Systemen werden in zahlreichen Studien zu Performance Gaps besprochen. Dabei werden Regelkreise auf Stufe Einzelgebäude und auf Stufe Gebäudepark unterschieden. Hier seien exemplarisch zwei Regelkreise vorgestellt:

Rückkopplungen zwischen den Lebenszyklusphasen eines Gebäudes werden in der Literatur als „**Closing the Loop**“ [11] oder „**Qualitätsregelkreis**“ [5] bezeichnet. Regelmässige Soll-Ist-Vergleiche im Betrieb ermöglichen eine kontinuierliche Optimierung. Rückmeldungen an Akteure aus der Planungsphase sichern den Informationsgewinn aus dem Gebäudebetrieb für zukünftige Planungen. Neben der Wahl einer geeigneten Prüfmethode wird auch auf die Festlegung eines angemessenen Qualitätslevels, d.h. auf den zu berücksichtigenden Toleranzbereich für die Soll-Ist-Vergleiche, hingewiesen [12]. Zurzeit sind auf EU-Ebene verschiedene Forschungsprojekte in Bearbeitung, die eine praktische Umsetzung solcher Qualitätsregelkreise erleichtern sollen [13, 14].

Eine Studie des schweizerischen Bundesamts für Energiewirtschaft (heute: Bundesamt für Energie) aus dem Jahr 1991 verknüpft Gebäudeanalysen auf verschiedenen Aggregationsstufen [15].

3.1 Gemeinsames Verständnis schaffen

Das Schaffen eines gemeinsamen Verständnisses zu den Themen Gebäudeperformance und Performance Gaps beinhaltet, zu allererst, die Klärung der Begriffe. Der vorhandene Zielpluralismus, der aus der Vielzahl der involvierten Stakeholder folgt, verlangt unseres Erachtens nach einem absichtsvollen Umgang mit Zielkonflikten und der Kompromissfindung im Rahmen eines sozialen Prozesses. Daraus ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen:

- Empfehlung 1: Eine breite Diskussion über Performance-Ziele, Performance Gap-Definitionen und die daraus folgenden Massnahmen für den schweizerischen Gebäudepark führen
- Empfehlung 2: Die reale Gebäudeperformance als eigenständige Bewertungskategorie für Gebäude und Gebäudeparks etablieren
- Empfehlungen 3 bis 7 zu: Vorgehen, Fragestellungen, Checkliste und Übersichtsgrafiken für Performance-Analysen von Einzelgebäuden und Gebäudeparks

3.2 Open Source Software etablieren

Hier plädieren wir nicht für eine weitere Ablage von Computermodellen oder für die Entwicklung allgemeiner Software, sondern für eine gezielte Evaluation bestehender Modelle, Programme und Komponenten zwecks Erstellen eines kleinen Satzes ausgewählter Softwarebausteine, die spezifisch an die schweizerischen Bedingungen angepasst sind und praxisnah zur Verfügung gestellt werden.

So sollten zum Beispiel nach und nach zu jeder komplexeren Norm und Richtlinie (z.B. SIA 380/1, SIA 2044, SIA 380/4, SIA 2031, GEAK) qualitätsgeprüfte Open Source Softwarebausteine oder auch ganze Modelle zum Gebrauch in Gebäudeperformance-Studien zur Verfügung gestellt werden.

Diese frei zugänglichen Softwareprodukte könnten denn auch als Referenz für kommerzielle Softwareprogramme, wie sie zum Beispiel für die Planung und den Vollzug verwendet werden, dienen. Nicht zuletzt würde eine gemeinsame Basis für die transparente Auswertung und Bewertung der Performance von Einzelgebäuden und Gebäudeparks geschaffen.

- Empfehlung 8: Eine Auswahl von praxisnahen Open Source Softwarebausteinen und Modellen für Performance Gap-Analysen aufbauen und aktiv bewirtschaften
- Empfehlung 9: Die Belastbarkeit und Repräsentativität von Performance Gap-Analysen mittels transparenter Unsicherheitsanalysen überprüfen
- Empfehlung 10: Ein Open Source Modell für die Modellierung und Simulation der Performance des schweizerischen Gebäudeparks entwickeln

3.3 Schweizerisches Gebäudeparkmessnetz aufbauen

Die Bedeutung der Datenverfügbarkeit, der Datenqualität sowie der Zuverlässigkeit und Vertrauenswürdigkeit der Datenquellen für die Bewertung der Gebäudeperformance wird in einer Vielzahl nationaler und internationaler Studien betont [8].

Gleichzeitig hat unsere Review gezeigt, dass für die Schweiz nur isolierte Studien bzw. Datensätze vorhanden sind. Eine repräsentative Datenbasis ist aber Voraussetzung, um beispielsweise die Umsetzung der Energiestrategie des Bundes überprüfen und lenken zu können.

Das Ziel eines nationalen Messnetzes soll nicht die zentralisierte, flächendeckende Überwachung des Gebäudeparks der Schweiz sein, sondern eine repräsentative, kontinuierliche Erhebung seines Zustands und zugehöriger Trends über die nächsten Jahrzehnte. Das vorgeschlagene

Messnetz ist demnach mit den heutigen Umweltmessnetzen für das Wetter, die Luftqualität, oder den Zustand der Gewässer zu vergleichen.

Daten sollen so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig, erhoben werden, um repräsentative Aussagen zur Leistungsfähigkeit des schweizerischen Gebäudeparks im Hinblick auf den Energieverbrauch, die Behaglichkeit und die Betriebskosten zu ermöglichen. Diese Informationen dürften nicht nur für die Energiepolitik, sondern auch für andere Sektoren (Gesundheit, Gebäudewirtschaft, Facility Management) von Interesse sein.

Die Umsetzung eines solchen Messnetzes greift in die Aufgaben und Kompetenzen der Kantone ein. Daher scheint es uns sinnvoll, die Erhebungs- und Messkonzepte zentral zu koordinieren, dann aber dezentral umzusetzen. Komplementär dazu sollte das Performance-Monitoring von Einzelgebäuden weiter gefördert werden.

- Empfehlung 11: Ein auf das schweizerische Gebäudeparkmodell abgestimmtes, langfristiges Messnetz für die Performance des schweizerischen Gebäudeparks etablieren
- Empfehlung 12: Das Performance-Monitoring von Einzelgebäuden fördern

4 Ausblick

Der veröffentlichte BFE-Schlussbericht [8] bildet den Stand unserer Arbeiten per März 2018 ab. Die Diskussion von Performance Gaps in Gebäuden wird national und international laufend durch neue Beiträge ergänzt. Gleichzeitig findet eine rasante technische Entwicklung bei der Erhebung riesiger Datenmengen aus Gebäuden, in der Vernetzung von Computersystemen, sowie im maschinellen Lernen für die automatisierte Entscheidungsfindung statt.

Eine proaktive, an freiheitlich-demokratischen Grundsätzen orientierte Haltung des Bundes und der Kantone im Hinblick auf die Verwendung von Daten aus Gebäuden erachten wir als wichtig. So sollten im Zusammenhang mit der Performance-Erhebung von Gebäuden die Interessen, Herangehensweisen und Expertisen einer Vielzahl von Stakeholdern berücksichtigt werden. Das Ziel sollte sein, in Zukunft nicht nur Performance Gaps im schweizerischen Gebäudepark, sondern auch die enormen Möglichkeiten der modernen Informationstechnologien umsichtig lenken zu können.

Die einzusetzenden Methoden zum Erfassen und Lenken der Gebäudeperformance müssen nicht nur zielführend und (kosten-)effizient, sondern auch gesellschaftlich nachhaltig sein. Zu den Schlüsselthemen zählen wir den Schutz der Privatsphäre, den fairen Umgang mit Informations- und Bildungsasymmetrien, das Akzeptieren von Unsicherheit und nicht reduzierbaren Risiken als Teil des Lebens, sowie das Aufrechterhalten der gesellschaftlichen Solidarität.

Der Bund und die Kantone können durch das vorgeschlagene, innovative Gebäudemonitoring auf Landesebene mit dem Erheben und Verwerten grosser, sensibler Datenmengen wertvolle Erfahrung sammeln. Erstens können dann die gesammelten Erfahrungen der Wirtschaft und den Konsumenten zu Gute kommen. Zweitens eröffnet sich die Möglichkeit, der gegenwärtig frei galoppierenden, globalen Datensammel- und Datenverwertungsindustrie praxistaugliche, mit demokratischen Grundsätzen vereinbare Konzepte und Richtlinien für den Umgang mit hochgranularen Daten entgegenzusetzen.

Anhang

Literatur/Referenzen

Im „ParkGap“-Schlussbericht sind über 250 Literaturquellen dokumentiert, 155 davon wurden vertieft ausgewertet. Zudem sind 17 Online Ressourcen aufgeführt zu Projekten, Datenbanken und Initiativen, welche für Performance Gaps in Gebäuden relevant sind. Eine kommentierte Literaturanalyse im Anhang C des Schlussberichts umfasst Themen wie Evidenz für Performance Gaps, Performance Gaps in Gebäudeparks, Nutzerverhalten, Unsicherheiten in Kompetenz, Nutzungsgrad sowie robuster Dimensionierung und Optimierung.

Im vorliegenden Statusseminar-Tagungsbeitrag wird folgende Literatur referenziert:

- [1] Reimann W, Lehmann M et al. Erfolgskontrolle Gebäudeenergiestandards 2014-2015, Final report. Bern: Bundesamt für Energie; 2016.
- [2] Khoury J, Hollmuller P and Lachal B. Energy performance gap in building retrofit: characterization and effect on the energy saving potential. In: 19. Statusseminar, Zürich, 8.-9.09.2016. Proceedings of 19. Statusseminar; 2016:OP-I-2-1:065.
- [3] Vogel U. Der Betrieb läuft besser als erwartet. Zürich: TEC21 2017;39:42-44.
- [4] Bluyssen PM. The Indoor Environment Handbook. New York: Earthscan; 2009.
- [5] Voss K, Herkel S, Kalz D, Lützkendorf T, Maas A and Wagner A. Performance von Gebäuden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag; 2016.
- [6] Gyalistras, D. Brüche zwischen Entwurf und Anwendung. Interview von P. Knüsel über das BFE-Projekt ParkGap von B. Frei, D. Gyalistras, C. Sagerschnig. TEC21, 39/2017, 45-47. <https://www.espazium.ch/brueche-zwischen-entwurf-und-anwendung>
- [7] Frei B, Sagerschnig C, Gyalistras D. Performance gaps in Swiss buildings – an analysis of conflicting objectives and mitigation strategies. Energy Procedia 2017;122:421-426. CISBAT 2017, 6.-8. September 2017, Lausanne, Switzerland. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217332587>
- [8] Frei B, Sagerschnig C, Gyalistras D. Park-Gap – Performance Gap Gebäude: Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen für den Gebäudepark der Schweiz, Schlussbericht Bundesamt für Energie, Bern 2018. <https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=46487&Load=true>
- [9] SIA 380/1:2009. Thermische Energie im Hochbau. Zürich: SIA; 2009.
- [10] SIA 2031:2009. Energieausweis für Gebäude. Zürich: SIA; 2009.
- [11] The Performance Gap: Causes & Solutions. UK: The Green Construction Board; 2013. www.greenconstructionboard.org/index.php/resources/buildings
- [12] Plessner S, Pinkernell C, Altendorf L, Koch M, Büchner E. EQM – Energie- und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude – Innovative Prozesssteuerung im Feldtest. Deutsche Bundesstiftung Umwelt; 2015:31099.
- [13] Quality management for building performance. Quantum 2017. <http://www.quantum-project.eu>
- [14] Built to Specifications – Tools for the 21st Century Construction Site. Built2Spec 2017. <http://built2spec-project.eu>
- [15] Wüest & Gabathuler. Gebäudepark Schweiz – Energierrelevante Grunddaten 1991, Veränderungsdynamik und Energiesparpotentiale 1990-2025, Strategien zur CO₂-Reduktion. Bern: Bundesamt für Energiewirtschaft; 1991.