

# Kurzfassung



## Einleitung

Seit 1999 fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen seiner Innovationsoffensive „Unternehmen Region“ vielversprechende Innovationskonzepte in den Neuen Ländern, u. a. auch die in Erfurt verortete InnoRegio Bautronic. Ein Ziel dieses Netzwerks ist, das derzeit nach wie vor tradierte Bauwesen mit seinen Abgrenzungen in einzelne Gewerke und Realisierungsebenen mit den Möglichkeiten der Mikrosystem- und Gerätetechnik zu verbinden.

Das vorliegende, vom BMBF geförderte Forschungsvorhaben INNOSEG – Interdisziplinäre, Nutzerorientierte Nachhaltige Optimierung von Stoff- und Energieströmen im Gebäude – gliedert sich in dieses Netzwerk ein. Es untersucht Möglichkeiten zur Optimierung von Energieströmen in Gebäuden und fokussiert dabei, vor dem Hintergrund einer bisher defizitären Betrachtung von Personenfaktoren im Bauwesen, besonders auf die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden. Durch die Verknüpfung unterschiedlicher technischer Blickwinkel mit einer psychologischen Perspektive soll ein Beitrag zum Verständnis der Interdependenzen des Energieverbrauchs in umbauten Räumen geleistet werden. Welche Ergebnisse eine solche integrative Sichtweise zeitigt, soll hier in aller Kürze vorgestellt werden.

## Energieströme in Gebäuden: Bewertung und Optimierungsansätze

Die bisher genutzten Bezugsgrößen zur Bilanzierung des Energieeinsatzes in Gebäuden – CO<sub>2</sub>, Energie und Exergie – sind nur bedingt für einen gebäudeübergreifenden Vergleich geeignet. Energieverbrauchsgrößen, die auf die Netto-Grundfläche sowie zusätzlich auf die Personennutzungsstunden bezogen werden, erscheinen geeigneter. Zwar steht außer Frage, dass zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente oder der Ermittlung der Exergie ein gegenüber der Berechnung des Energiebedarfs erhöhter Aufwand notwendig ist, aber als Indikator für Versorgungssicherheit und Umweltschutz wäre das Kriterium der CO<sub>2</sub>-Äquivalente bezogen auf genannten Größen für eine Bewertung am besten geeignet.

Hinsichtlich der Energieversorgung von Gebäuden bestehen unterschiedliche Ansatzpunkte zur Optimierung: die Verminderung des Nutzenergiebedarf, die Erhöhung des Nutzungsgrads zur Bereitstellung der Nutzenergie und schließlich die Optimierung bei der Erzeugung der Endenergie. Allein die Definition der Nutzenergie gestaltet sich schwierig. Als Nutzenergie müsste das Minimum der Energie bezeichnet werden, das

nötig ist, um den Nutzern eines Raumes den persönlichen thermischen, visuellen und hygienischen Komfort zu ermöglichen. Da dem Nutzerverhalten damit eine zentrale Rolle zufällt, ist dessen Berücksichtigung Kernaufgabe bei der Optimierung von Stoff- und Energieströmen. Für die Bewertung der Gebäudehülle und Anlagentechnik sowie den Vergleich untereinander ist es aber gleichwohl sinnvoll, Nutzereinflüsse auszuschließen. Zum Vergleich von Gebäudekonzepten, Anlagenvarianten u. ä. wären daher Simulationen zu empfehlen, die z.B. für die Bedarfsermittlung an Energie auf ein gleiches Nutzerprofil zurückgreifen. Möchte man variierende Nutzerprofile vergleichen, so ist dies nur möglich, indem man entsprechende Bezugsgrößen einführt, die ebenfalls diese Varianz abbilden.

Mindesttemperaturen und vorgeschriebene Luftwechsel sowie Beleuchtungsstärken lassen nur selten auf den tatsächlichen individuellen Bedarf schließen. Für die Bewertung von Unterschieden zwischen rechnerischem Bedarf und tatsächlich gemessenem Verbrauch ist es erforderlich, herauszufinden, ob Abweichungen gegenüber dem Ausgangsszenario an geänderten Nutzungsprofilen liegen oder anlagenseitig bedingt sind. Dazu sollte ein Modell für die Bedarfsberechnung geschaffen werden, das Nutzerprofile einbezieht, denn nur so kann im Modell die Vergleichsrechnung mit den Bedarfswerten erfolgen. Um dieses Vorgehen von der Planung auch auf den Betrieb zu übertragen, sind allerdings einfach handhabbare Modelle notwendig.

Der Endenergiebedarf wird rein technisch von der Effizienz der dabei nötigen Energiewandlung und des Energietransportes bestimmt und hängt sowohl von der Anlagentechnik selbst, als auch von der Betriebsweise ab. Energieverluste bleiben, von finanziellen Aspekten einmal abgesehen, dabei ohne Auswirkungen auf das Wohlbefinden des Nutzers. Im Falle der Erzeugung von Endenergie kann der Nutzer durch die Auswahl des Versorgers selbst einen Einfluss auf den Kohlendioxid-Ausstoß nehmen, der je nach Primärenergieträger unterschiedlich ist; bei der Wahl eines Versorgers mit ausschließlich erneuerbaren Quellen fällt die energetischen Bewertung sogar klimaneutral aus.

Bei der generellen Bewertung von Stoff- und Energieströmen ist als ein neuer Aspekt auch die Nutzungsintensität mit Personennutzungsstunden zu berücksichtigen. Neben der Nutzungsintensität beeinflusst der Nutzer mit seinen Anforderungen selbst entscheidend den Energieverbrauch im Gebäude, so dass die vorhandenen, verbesserten Techniken von Einzelementen eines Gebäudes erst in Verbindung mit einem energetisch geschulten Nutzer ihr Potenzial vollständig ausschöpfen können. Welche Anforderungen die Nutzer unter Wohlbefindensaspekten an die Technik stellen, wird nachfolgend aufgeführt.

## Wohlbefinden in Gebäuden: Einflussgrößen

Auch wenn aus der Forschung bekannt ist, dass auch die ästhetische Gestaltung von Räumen die Raumklimawahrnehmung beeinflusst – so führt etwa nach Rohles<sup>1</sup> (1981) die unterschiedliche Materialität von Büromöbeln zu einer Veränderung in der Raumklimawahrnehmung –, sind unter Energieaspekten zunächst einmal die physischen Faktoren von Interesse. Im Wohnkontext spielen ferner die Energiekosten eine nicht unerhebliche Rolle, denn zur Reduktion der monetären Aufwendungen für Energie werden mitunter Befindlichkeitseinbußen oder gar Gesundheitsrisiken akzeptiert.

Abbildung 1 illustriert die Einflüsse auf das thermische Wohlbefinden und macht deutlich, dass eine nur auf die Physiologie fokussierende Betrachtung der thermischen Wahrnehmung zu kurz greift.



Abbildung 1: Feedbackmodell der thermischen Behaglichkeit (in Anlehnung an de Dear et al.<sup>2</sup>).

Dass die Raumklimawahrnehmung wesentlich von individuellen Kontrollmöglichkeiten geprägt wird, illustriert eine im Rahmen von INNOSEG realisierte Detailanalyse der der ProKlimA-Studie, die auf Bürogebäude abhebt. Sie weist darauf hin, dass die von Fachleuten vermutete (positive) Wirkung des Nutzereinflusses auf die Äußerung thermischen Wohlbefindens bestätigt werden kann. Sofern ein nutzerseitiger Einfluss auf die entsprechenden Parameter (Raumtemperatur, Luftbewegung und Licht) möglich ist, werden von den Nutzern signifikant weniger Negativeinschätzungen zu diesen

<sup>1</sup> Rohles, F. H. (1981). Thermal comfort and strategies for energy conservation. Journal of social issues. 37 (2), 132-149.

<sup>2</sup> de Dear, R.; Brager, G. & Cooper, D. (1997). Developing an Adaptive Model of thermal Comfort and Preference – final report ASHRAE RP-884. Inc. and Macquarie Research, Ltd.

Parametern getroffen – wobei dieser Befund gleichermaßen für natürlich belüftete Räume als auch unter klimatisierten Bedingungen gilt.

Für die Betrachtung der Innenraumluftqualität gilt, dass zahlreiche Debatten über die Luftverschmutzung zwar zu stärkeren Restriktionen der Emissionen von Schadstoffen in der Außenluft geführt haben, die Innenluft nach wie vor zumeist jedoch nur durch sporadische Stichproben überwacht wird. Einen wichtiger Bestandteil der Innenraumluft bildet das Kohlendioxid, das schon von Pettenkofer<sup>3</sup> im Jahre 1858 als Summenmaß für die Raumbelastung herangezogen wurde. Dieser traditionelle Luftqualitätsmarker gilt auch als Indikator für andere Emissionen des Menschen, so z. B. Feuchtigkeit und Geruchsstoffe. Die Einhaltung einer CO<sub>2</sub>-Konzentration <1.000 ppm gewährleistet in von Menschen genutzten Räumen eine gute Luftqualität. Stark individuell geprägt ist jedoch die Empfindung unangenehmen Geruchs, die u. a. vom Hygienestandard oder von der gewählten Nahrung der betrachteten Personen abhängig ist. Vor allem der Effekt der Gewöhnung ist häufig zu beobachten, wenn Menschen von außen einen geruchsbelasteten Raum betreten, wohingegen die sich darin aufhaltenden Menschen bis dahin die Luftverunreinigung nicht registriert haben. Bei Luftqualitätsuntersuchungen mit Nutzern und einem externen Riechteam wurde in klimatisierten Gebäuden ein auffällig negativer Zusammenhang zwischen Luftqualität und Kohlendioxidkonzentration festgestellt. Dies legt den Schluss nahe, dass eine zu geringe Konzentration der Behaglichkeit möglicherweise abträglich ist. Die Interindividualität des Nutzers beim Empfinden der Luftqualität deutet also bereits auf entsprechende Unterschiede bei der Lüftung hin. Wenn nicht mehr sicher ist, dass hohe Luftwechsel ein höheres Maß an empfundener Luftqualität erzeugen, kann der Luftwechsel in der Heizperiode abgesenkt werden und somit der Wärmeverbrauch gesenkt werden.

Bezüglich der Beleuchtung existieren nur für Büroräume Vorgaben für die künstliche Beleuchtung, die jedoch keine Garantie für Wohlbefinden sind, da – wie im privaten Bereich – verstärkt individuelle Präferenzen eine Rolle spielen. Allein deshalb sollte der Nutzer verstärkt Einfluss auf die Beleuchtungsstärke (etwa durch Dimmung) nehmen können. Neben der Beleuchtungsstärke beeinflusst auch die Blendwirkung das Wohlbefinden. Zur Verminderung großer Leuchtkontraste kann z. B. der hellere Teil verdunkelt werden, was im Sommer zumeist mit dem notwendigen Sonnenschutz einhergeht, der eine Überhitzung des Raumes verhindert. Einen Kompromiss (i. S.

---

<sup>3</sup> Pettenkofer, M. v. (1858). Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München: Literarisch-Artistische Anstalt der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

eines guten Betriebspunktes) zwischen hoher Tageslichtausbeute, thermischem Komfort und guter Luftqualität zu finden, hängt von den Spezifika des Raumes und der Technik – aber auch von den Vorlieben der jeweiligen Personen ab. Auch hier sind dem Nutzer Bedienungs- und Steuerungsmöglichkeiten einzuräumen, da sich keine eindeutigen Profile der Nutzer abzeichnen.

Neben den eher physiologisch konnotierten Parametern sind aus Sicht des Nutzers auch zahlreiche psychologische Komponenten für eine Qualitätseinschätzung von Räumen und Gebäuden und damit dem Wohlbefinden wichtig. Funktionale Elemente, die die Passung zwischen Nutzeraktivitäten und Wohnumweltmerkmalen abbilden, bilden die Klammer zwischen den physiologischen und den psychologischen Elementen. Eine mit Wohnungsnutzern („Bewohnern“) und Büronutzern realisierte qualitative Studie, in der die Befragten eine Rangliste von Wohlbefinden beeinflussenden Faktoren (die zuvor in einem mehrstufigen Bestimmungsverfahren mit Experten ausgewählt wurden) bilden sollten, zeigt folgendes Bild (vgl. Tabelle ):

| Rangplatz      | Wohlbefinden beeinflussende Faktoren | Rangsumme | Rangplatz   | Wohlbefinden beeinflussende Faktoren | Rangsumme |
|----------------|--------------------------------------|-----------|-------------|--------------------------------------|-----------|
| <b>Wohnung</b> |                                      |           | <b>Büro</b> |                                      |           |
| 1.             | Raumtemperatur                       | 44,5      | 1.          | Licht                                | 39,5      |
| 2.             | Licht                                | 48,5      | 2.          | Platz                                | 43,5      |
| 3.             | Lärm                                 | 62,5      | 3.          | Luft                                 | 53        |
| 4.             | Luft                                 | 64,5      | 4.          | Ordnung                              | 56        |
| 5.             | Wandtemperatur                       | 81,5      | 5.          | Ergonomie                            | 59,5      |
| 6.             | Sanitäranlagen                       | 87        | 6.          | Persönlichkeit                       | 61,5      |
| 7.             | Sicherheit im Haus                   | 98        | 7.          | Raumtemperatur                       | 69,5      |
| 8.             | Warmwasser                           | 113,5     | 8.          | Interaktion                          | 72,5      |
| 9.             | Ergonomie                            | 117       | 9.          | Anpassbarkeit                        | 76,5      |
| 10.            | Schimmel                             | 126       | 10.         | Sicherheit                           | 78        |
| 11.            | Elektrosmog                          | 147       | 11.         | Lärm                                 | 82,5      |
|                |                                      |           | 12.         | Wandtemperatur                       | 100       |
|                |                                      |           | 13.         | Elektrosmog                          | 105       |

N = 15

N = 10

Tabelle 1: Rangordnung der Befindlichkeitsfaktoren

Dabei ist festzuhalten, dass in Wohn- und Arbeitsumwelten systematische Unterschiede in der Gewichtung verschiedener Faktoren auf das Wohlbefinden bestehen und im Wohnkontext physiologisch relevante Befindlichkeitsfaktoren als wichtiger beurteilt werden als nicht-physiologische – einmal mehr Ausdruck der an Wohnräume gerichteten „homöostatischen Ansprüche“ und für Büroräume zugleich ein Hinweis

darauf, neben objektiven Raumqualitätsoptimierungen immer auch Modifikationen in Arbeitsablauf und -struktur mit zu realisieren. Die Befunde der qualitativen Studie konnten durch die quantitativen Daten untermauert werden.

Auch wenn wesentliche Energieeinsparpotenziale die Raumtemperatur betreffen, so birgt diese Fokussierung aufgrund der subjektiven Wichtigkeit dieses Parameters auch Risiken: Wie kein anderer Faktor repräsentiert Raumtemperatur das individuelle Wohlfühlen in Wohnungen und Wohnräumen. Veränderungen werden hier besonders aufmerksam wahrgenommen, da hier ein grundlegendes physiologisches Bedürfnis angesprochen ist. Maßnahmen zur Energieeinsparung, so wird vermutet, werden vom Nutzer vor allem dann als gewinnbringend erlebt werden, wenn diese sich unmittelbar positiv auf das Wohlbefinden auswirken (gleichwohl mit monetären Gewinnen). Für Arbeits- und Büroräume erscheint das Energieeinsparpotenzial Raumtemperatur nicht zuletzt deshalb einfacher erschließbar, weil bei der Hierarchisierung der Beleuchtungsaspekt von besonderem Interesse ist. Aufgrund der Verkopplung mit arbeitsorganisatorischen Aspekten gelingt eine vollständige Realisierung von Energieeinsparpotenzialen wahrscheinlich am besten, wenn zuvor eine Arbeitsplatzanalyse durchgeführt wird.

Aus der Perspektive der Wohlbefindensbetrachtung sind individuelle Steuerungs- und Anpassungsmöglichkeiten im Wohnungsbereich notwendig, da die Behaglichkeitsgrenzen für Raumklima individuell sehr verschieden sind und die Mehrheit der Personen auf deren Unter- oder Überschreiten sensibel reagiert. Die individuelle Kontrolle ist für Arbeitsräume auch zu empfehlen, es dürfte jedoch vermutlich ausreichen, überhaupt die Einstellungen der Technischen Gebäudeanlagen im Raum individuell abändern zu können. Um bestmögliche Einsparungen zu erzielen sollten die eingesetzten Techniken möglichst unkompliziert und flexibel sich den (auch ggf. unregelmäßigen) Arbeitsrhythmen der Büronutzerinnen und -nutzern anpassen.

Ein neuer Ansatz wäre, Behaglichkeit anhand von Beschwerdemeldungen<sup>4</sup> zu analysieren oder – bei Gebäuden mit ausschließlich hohen Freiheitsgraden der Anlagentechnik – die von den Nutzern während ihrer Anwesenheit tatsächlich eingestellten Werte ausfindig zu machen, um so die praktische Relevanz der abgegebenen Urteile bemessen zu können.

---

<sup>4</sup> Bischof, W.; Hellwig, T. R. & Brasche, S. (2007). Thermischer Komfort – die extraphysikalischen Aspekte. Bauphysik, 29 (3), 208-212.

## Das Gebäude: Eine komplexe Anlage

In der bisherigen Gebädeforschung werden Gebäude, Gebäudetechnik und Nutzer überwiegend getrennt voneinander betrachtet. Neuere Entwicklungen (unter dem Schlagwort „Intelligentes Haus“) beleuchteten das Problemfeld zwischen Gebäudetechnologie und Nutzer i. d. R. nur unter dem Fokus der Technologieakzeptanz oder der Techniksoziologie. Ursachen für die unzureichende Berücksichtigung des Einsparpotenzials durch Nutzer liegen u. a. in der mit steigender Anzahl von Gebäudetechnik zunehmenden Komplexität der Abhängigkeiten im Gebäude, sowie in ungenügenden (oder zu komplizierten) Bedieninformationen für den Nutzer. Letzteres kann den technischen Vorteil einer funktionierenden Technik aufheben oder gar konterkarieren. Um hier Ansatzpunkte zur Optimierung des Nutzerverhaltens zu identifizieren, können Fehlertaxonomien ein gutes Beurteilungsschema darstellen. Der in INNOSEG verfolgte Ansatz sieht drei Fehlerkategorien vor:

- (a) Fehler aufgrund objektiven Fehlens relevanter Informationen,
- (b) Fehler aufgrund fehlender Verarbeitung vorhandener Informationen und
- (c) Fehler aufgrund falscher Verarbeitung vorhandener Informationen,

die für eine Ableitung systematischer Interventionen zur Optimierung von Energie- und Stoffströmen auf technischer und sozialer Seite geeignet sind.

Wie Fehler im Umgang mit Informationen minimiert werden können, illustriert eine in INNOSEG entwickelte nutzeroptimierte Schnittstelle, deren Erstentwurf auf Forderungen bestehender Richtlinien und Normen basierte und die im Vorhabensverlauf unter der Prämisse eines möglichst hohen Aufforderungscharakter weiterentwickelt wurde. Mithilfe der Paper-Prototyping-Methode wurde die von verschiedenen Nutzergruppen gewünschte Darstellungsform festgelegt. Die so entstandene grafische Lösung bietet eine Bedienoberfläche zur realistischen Steuerung der Anlagentechnik und gewährleistet zudem einen Wiedererkennungseffekt, da das Design der Schnittstelle zur Verwendung auf verschiedenen Eingabegeräten konzipiert wurde.

Von allen Befragten ist die eindeutige Symboldarstellung gegenüber der Textform vorgezogen und die Übersteuerbarkeit der Anlagen als das wichtigste Bedienmerkmal eingeschätzt worden. Die im Labor durchgeführte qualitative und internetbasierte quantitative Befragung bestätigt, dass gerade aufgrund der hohen Komplexität der Raumautomation auf eine Mehr-Ebenen-Lösung der Schnittstelle zurückgegriffen werden sollte, um die Übersichtlichkeit der Darstellung zu gewährleisten. Weiterhin ist zu konstatieren, dass nutzerseitig explizit Hilfen zu Möglichkeiten des Energiesparens mit der Anlage eingefordert werden. Dass die Kontrolle des Bedieners über die

Raumanlagen bei einer nutzerorientierte Schnittstellenentwicklung an erster Stelle stehen muss, eine automatische Steuerung der raumtechnischen Anlagen – bei gegebener Überstimmung durch den Nutzer – jedoch nicht prinzipiell abgelehnt wird, deuten die mittels der Kano-Methode gewonnenen Befunde an. Ferner wurde deutlich, dass zur Nutzerorientierung die Ermittlung von Nutzergruppen (z. B. Nutzergruppen, die so viele Informationen wie möglich bekommen möchten versus Personen, die nur das absolute Minimum an Informationen durch die Anlage angezeigt bekommen wollen) und deren Berücksichtigung im Planungsprozess eine erste geeignete Annäherung bei der Festlegung von Rahmenbedingungen einer Mensch-Maschine-Schnittstelle ist.

Größere Gebäude benötigen komplexe Anlage, bei deren Planung verschiedene Fachdisziplinen zusammenarbeiten müssen, um ein funktionierendes Produkt „Gebäude“ gemeinsam anbieten zu können. Diese Zusammenarbeit erfolgt meist nach einem vorgegebenen Plan, bei dem Erkenntnisgewinne – auch für zukünftige Bauprojekte – bisher nur schlecht rückgemeldet werden. Dies führt zu Systemen, die häufig Behaglichkeitsmängel aufweisen und im Betrieb deutlich mehr Energie verbrauchen, als bei der Planung an Bedarf berechnet wurde. Um die Effizienz im Betrieb zu verbessern, sind in INNOSEG für die Bereiche Gebäudehülle, technische Ausstattung (TGA) und Gebäudeautomation (GA) Algorithmen analysiert worden, die insbesondere die bedarfsgerechte Anpassung berücksichtigen. Hierbei kann festgestellt werden, dass aufgrund von neuen Entwicklungen auch die Gebäudehülle zunehmend aktiv zur Beeinflussung des Raumklimas herangezogen werden kann. Um diese Konzepte wirksam umsetzen zu können, ist jedoch eine integrale Planung notwendig. Anders als bei der Gebäudehülle ist der Reinvestitionszyklus bei der TGA deutlich kürzer, die Entwicklung neuer effektiver Techniken schneller und damit eine Effizienzsteigerung öfter im Lebenszyklus des Gebäudes möglich. Auch ist die Akzeptanz neuer Technologien im Bereich der TGA beim Nutzer höher, weil der monetäre Nutzen bzw. die Rentabilität der eingesetzten technischen Anlagen aufgrund der Installation von Zählern exakter zuzuordnen und eben auch exakt zu beziffern ist. Dennoch müssen allzu oft Abstriche bei der Effizienz gemacht werden, da zahlreiche Anlagen nur auf einfachen Funktionen und Standardwerten basieren. Eine an das Gebäude angepasste individuelle Justierung der Parameter erfolgt oft nicht oder ungenügend. Für eine sogenannte intelligente adaptive Regelung, die also aus gemessenen und überwachten Größen eine Anpassung der Steuergrößen von selbst vornimmt und dabei automatisch ein energetisches, wirtschaftliches und/oder ein behagliches Optimum ermittelt, besteht noch Forschungsbedarf – was dem Unikatcharakter eines Gebäudes wie auch der subjektiven Bewertung des Kosten/Komfort-Optimums durch den Nutzer geschuldet ist. Auch aus Gründen der Investitionskosten wird eine bedarfsgerechte

Steuerung bisher selten umgesetzt, denn je besser Parameter an den aktuellen Betrieb bzw. Bedarf angepasst werden sollen, umso mehr Informationen werden dazu benötigt. Demzufolge ist ein entsprechender Ausstattungsgrad an Gebäudeautomation und Sensorik notwendig; INNOSEG hat für unterschiedliche Ausstattungsgrade die jeweils verfügbaren Optimierungsmöglichkeiten mit den zu erfassenden Größen zusammengestellt.

Ein funktionierendes Produkt „Gebäude“ bedarf auch der fehlerfreien Umsetzung der Anlagenprogrammierung. Besonders im Bereich der gewerkeübergreifenden Funktionen sind diesbezüglich häufig Defizite – sowohl planungs- als auch ausführungsseitig – festzustellen. Neben dem Problem der oftmals proprietären, nicht zugänglichen Automationssysteme erschwert die suboptimale Qualität der technischen Dokumentationen von Geräten, von Software und vor Ort realisierten Lösungen sowie eine mangelnde Bedienerfreundlichkeit eine Anpassungen an die geänderten Nutzungsbedingungen. Um hier wesentliche Vorkehrungen im Sinne der Energieeinsparung zu ermöglichen, erscheinen noch erhebliche Anstrengungen erforderlich. Dass Funktionalitäten und Interaktionen im Gebäudekontext gleichwohl abbildbar sind, macht ein in INNOSEG erstelltes integratives Gebäudemodell deutlich. Die Komplexität eines Gebäudes spiegelt sich in diesem Modell wider, in dem alle Teile des Gebäudes selbst, die Technik, die Einflussfaktoren der Umwelt, Eigenschaften, Abhängigkeiten und Zusammenhänge in Form von Funktionsmodulen abgebildet sind. Da sich die Abhängigkeiten im Betrieb von denen der Planung des Gebäudes unterscheiden, wurde speziell für die Anlagentechnik die Komponentenbeeinflussung im Betriebszustand detailliert aufgeschlüsselt, erläutert und dargestellt.

Zur Unterstützung der Planung ist ein (Software-) System entworfen worden, dass sowohl statische Planungsdaten halten und verarbeiten als auch Sensordaten speichern und aggregieren kann. Als zentrales Element dieses Systems konnte ein Datenschema erstellt werden, mit dem Gebäudestrukturdaten, Gebäudezusatzinformationen sowie Nutzerverhalten und Nutzereigenschaften erfasst werden können. Dazu wurde ein Datenschema mit zwei Ausprägungen definiert: eines zur Speicherung der Bestandsdaten und eines zur Speicherung sämtlicher Massendaten, um langfristigen Zugriff auf Sensordaten und eine einfache Wartung zu gewährleisten. Als Schnittstelle dient, nach dem Vorbild der IFC, ein auf der Metasprache XML basiertes Schema, welches die relevanten Parameter definiert. Innerhalb der geschaffenen Datenbank werden sowohl ein globales XML-Datenschema vorgehalten, als auch das vollständig integrierte Gebäudemodell bzw. seine Entwürfe.