



Tanja Palalic | Diana Fischer-Pressler | Janika Kutz  
Frank Hermanns | Pau-Y Chow

# Livable Smart Spaces

Lebenswerte und nutzerzentrierte smarte Gebäude

Hrsg.: Wilhelm Bauer, Katharina Hölzle, Oliver Riedel, Bernd Bienzeisler,  
Jens Neuhüttler

Im Auftrag von



In Kooperation mit



# Vorwort

---



In einer Zeit, in der die Anforderungen an Gebäude zunehmend komplexer und gleichzeitig die Ansprüche der Nutzenden individueller werden, stellt sich die dringliche Frage: Was macht ein Gebäude lebenswert? Und wie lässt sich dies mit den Aspekten Umwelt, Nachhaltigkeit und moderner Arbeitsweise in Einklang bringen, ohne dass sie sich gegenseitig widersprechen?

Diesen Fragestellungen sind wir in der nachfolgenden Studie nachgegangen, die in enger Zusammenarbeit zwischen der Smart Building Innovation Foundation (SBIF) und dem Forschungs- und Innovationszentrum Kognitive Dienstleistungssysteme des Fraunhofer IAO (KODIS) entstand. Das Ziel: Nutzerzentrierte Faktoren und Optimierungsmöglichkeiten identifizieren, die smarte Gebäude sowie ihre Umgebung lebenswerter machen. Durch Interviews mit Fachexpertinnen und Fachexperten und die Arbeit in Fokusgruppen aus Mitarbeitenden und Studierenden des Bildungscampus Heilbronn sowie externen Besuchenden identifizierten wir vier zentrale Themen: lebenswerte und nutzerzentrierte Gebäude, das Gebäude in seiner Umgebung, die Rolle von nutzerzentrierten smarten Services in Gebäuden und Anforderungen an diese smarten Services.

Im Zuge der Analyse befassten wir uns intensiv mit zentralen Spannungsfeldern, welche zwischen den Anforderungen der Nutzenden, der Nachhaltigkeit sowie der Wirtschaftlichkeit bestehen. Unser Fazit: Es ist wichtig, die unterschiedlichen Bedürfnisse in Einklang zu bringen, um den Wandel des Gebäude-Ökosystems durch smarte Technologien und Services zu gestalten. Die Steuerung und Automatisierung von Gebäuden spielen dabei eine wesentliche Rolle. Die in der Studie entwickelten Erklärungsmodelle verdeutlichen die Zusammenhänge zwischen den Dimensionen Nutzende, Gebäude und smarte Services. Die Berücksichtigung der Dimensionen erfordert eine neue Betrachtungsweise, die nicht nur architektonische und technologische Aspekte einbezieht, sondern auch das bereits erwähnte Spannungsfeld zwischen Nutzenden, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit adressiert.

Ein weiteres wichtiges Segment: die Vernetzung des Gebäudes mit seiner Umgebung. Offene und vernetzte Räume sind essenziell, um Ressourcen zu teilen und Menschen zu verbinden. Durch den Einsatz von IoT, Sensorik und KI können Mehrwerte in der Gebäudenutzung geschaffen und Flächen effizient genutzt werden. Neue Kooperationsformen im Gebäude-Ökosystem sind notwendig – hierzu müssen Personen aus den Bereichen Architektur, Gebäudeplanung und Anbieter smarter Services frühzeitig in den Gestaltungsprozess einbezogen werden.

Die vorliegende Studie unterstreicht die Notwendigkeit eines integrativen und kooperativen Ansatzes, um nachhaltige und lebenswerte smarte Gebäude und Umgebungen zu schaffen. Wir sind überzeugt, dass die Erkenntnisse und Empfehlungen dieser Arbeit einen wertvollen Beitrag zur Gestaltung der Zukunft von Gebäuden leisten, und laden Sie herzlich ein, in die Details unserer Forschung einzutauchen.

Mit besten Grüßen

**Frank Hermanns**  
Geschäftsführer  
Smart Building Innovation  
Foundation (SBIF)

**Dr. Bernd Bienzeisler**  
Leiter des Forschungs- und  
Innovationszentrums  
Kognitive Dienstleistungs-  
systeme KODIS

# Inhalt

---

<b>Vorwort</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Konzeptionelle Grundlagen und Begrifflichkeiten</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Anforderungen aus der Praxis.</b> .....	<b>7</b>
3.1 Lebenswerte und nutzerzentrierte Gebäude .....	8
3.2 Das Gebäude in seiner Umgebung .....	10
3.3 Smarte Services in Gebäuden .....	14
3.4 Anforderungen an die nutzerzentrierte Gestaltung smarter Services in Gebäuden .....	16
<b>4. Das Spannungsfeld zwischen Nutzenden-, Nachhaltigkeits- und Wirtschaftsanforderungen</b> .....	<b>18</b>
<b>5. Fazit</b> .....	<b>20</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>21</b>
<b>Impressum.</b> .....	<b>23</b>

# 1. Einleitung

---

## The Crystal



<https://wilkinsoncyre.com/projects/the-crystal>

Lebenswerte, smarte Bürogebäude wie »The Crystal« in London zeigen, dass die Integration smarter Technologien nachhaltige, effiziente und menschenzentrierte Arbeitsumgebungen ermöglicht. Smarte Gebäude sind mit modernen Technologien und Systemen ausgestattet. Dazu gehören fortschrittliche Internet of Things (IoT)-Sensoren, die die Luftqualität in Echtzeit überwachen und automatisch

verbessern, sowie Künstliche Intelligenz (KI)-gestützte Systeme, die Beleuchtung und Temperatur individuell an die Vorlieben der Mitarbeitenden anpassen und gleichzeitig Energie sparen. Solarzellen auf dem Dach und ein hocheffizientes Energiemanagementsystem können dazu beitragen, den ökologischen Fußabdruck des Gebäudes zu minimieren. Der Einsatz moderner Technologien im Gebäude eröffnet zahlreiche Chancen, wie bspw. verbesserte Energieeffizienz, erhöhte Sicherheit und optimierte Raumnutzung. Daneben ermöglichen sie den Nutzenden eine technologiegestützte Erfahrung im Umgang mit dem Gebäude (ein sogenanntes »Cognitive Environment«) (Stolze 2023).

Gleichzeitig steigen die Anforderungen der Nutzenden, Planenden sowie Architektinnen und Architekten an Bürogebäude. Das Büro ist längst nicht mehr nur ein funktionaler Ort. Es wird auch als Ort des Austauschs, des Wohlbefindens und der Inspiration betrachtet (Entgelmeier et al. 2023). In diesem Kontext ist das Konzept der Nutzerzentrierung in smarten Gebäuden von entscheidender Bedeutung. Es stellt die spezifischen Bedürfnisse der Nutzenden in den Vordergrund. Die Entwicklung und Implementierung von smarten Services, die eine interaktive und auf die Nutzenden abgestimmte Bedienung des Gebäudes ermöglichen, sind dabei von zentraler Bedeutung. Smarte Services gehen über einfache Automatisierung hinaus und bieten personalisierte, interaktive Erlebnisse. Sie fördern die Zufriedenheit und Lebensqualität der Nutzenden durch visuelle, sprachliche, taktile, kognitive und emotionale Interaktionen (Li et al. 2020). Solche Services ermöglichen es, die Umgebung individuell anzupassen und intuitive Schnittstellen zu nutzen, die den Komfort und das Wohlbefinden steigern.

Das Ziel des Projektes »Livable Smart Spaces« ist die Identifizierung und Untersuchung von Anforderungen an smarte Services und an nutzerzentrierte, smarte Gebäude, um zur Steigerung der Aufenthaltsqualität in diesen beizutragen. Dabei werden Merkmale von Nutzerzentriertheit und Lebenswertigkeit mithilfe von Expertinnen- und Experteninterviews und Workshops identifiziert. Zudem werden Anforderungen an die Gestaltung von nutzerzentrierten smarten Services im Kontext smarter Gebäude erhoben.

Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, die komplexen und teilweise widersprüchlichen Interessen der Nutzenden-, Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsanforderungen in smarten Gebäuden besser zu verstehen und zu adressieren. Des Weiteren können die erhobenen Anforderungen bei der Implementierung und Nutzung smarter Services an der Schnittstelle zu Nutzenden unterstützen.

## 2. Konzeptionelle Grundlagen und Begrifflichkeiten

---

### Smarte Gebäude

Obwohl es bisher keine allgemeingültige Definition gibt, werden smarten Gebäuden verschiedene Eigenschaften zugeschrieben: Sie können erneuerbare Energiequellen verwalten und steuern, mit anderen Gebäuden kommunizieren und sie können schnell auf Veränderungen sowohl intern als auch extern reagieren, einschließlich der Bedürfnisse der Nutzenden (Al Dakheel et al. 2020). Smarte Gebäude sind hochgradig energieeffizient (nahezu Nullenergiegebäude), tragen zur Dekarbonisierung der Energiesysteme bei und bieten den Nutzenden Kontrolle über die Energieflüsse. Dabei erfüllen sie Komfort-, Gesundheits-, Sicherheits- und Betriebsanforderungen (De Groote et al. 2017).

Ein smartes Gebäude ist mit einer Vielzahl von technischen Systemen und Komponenten ausgestattet, die miteinander vernetzt sind, um den Gebäudebetrieb zu optimieren. Die Hardware umfasst unter anderem intelligente Zähler, Sensoren, Aktoren, Kontroll- und Steuerungsgeräte, Netzwerkinfrastruktur und Kommunikationsmodule. Die Software umfasst Energiemanagementsysteme, IoT-Plattformen, Automatisierungssoftware und Apps. Softwarelösungen sind wichtig für die effiziente Verwaltung und Steuerung der verschiedenen Systeme in intelligenten Gebäuden. Sie ermöglichen die zentrale Überwachung, Automatisierung und Optimierung, um den Energieverbrauch zu senken, den Komfort zu erhöhen und die Betriebskosten zu senken (Al Dakheel et al. 2020).

### Smarte Services

Die in smarten Gebäuden eingesetzten Technologien sind selten für die Endnutzenden entwickelt worden. Obwohl die Funktionen vorhanden sind, bleiben die Bedienung und Steuerung dieser Technologien oft unzugänglich, da sie auf technisches Fachpersonal ausgerichtet sind. Dies schränkt die Nutzungsmöglichkeiten für die durchschnittlichen Endnutzenden, wie bspw. Büroangestellte, ein.

### »Smarte Services sind ...

... datenbasierte, individuell konfigurierbare Leistungsbündel aus persönlichen Dienstleistungen und digitalen Diensten, die auf smarterer Technik basieren und über digitale Plattformen organisiert und erbracht werden«

*Bullinger et al., 2017*

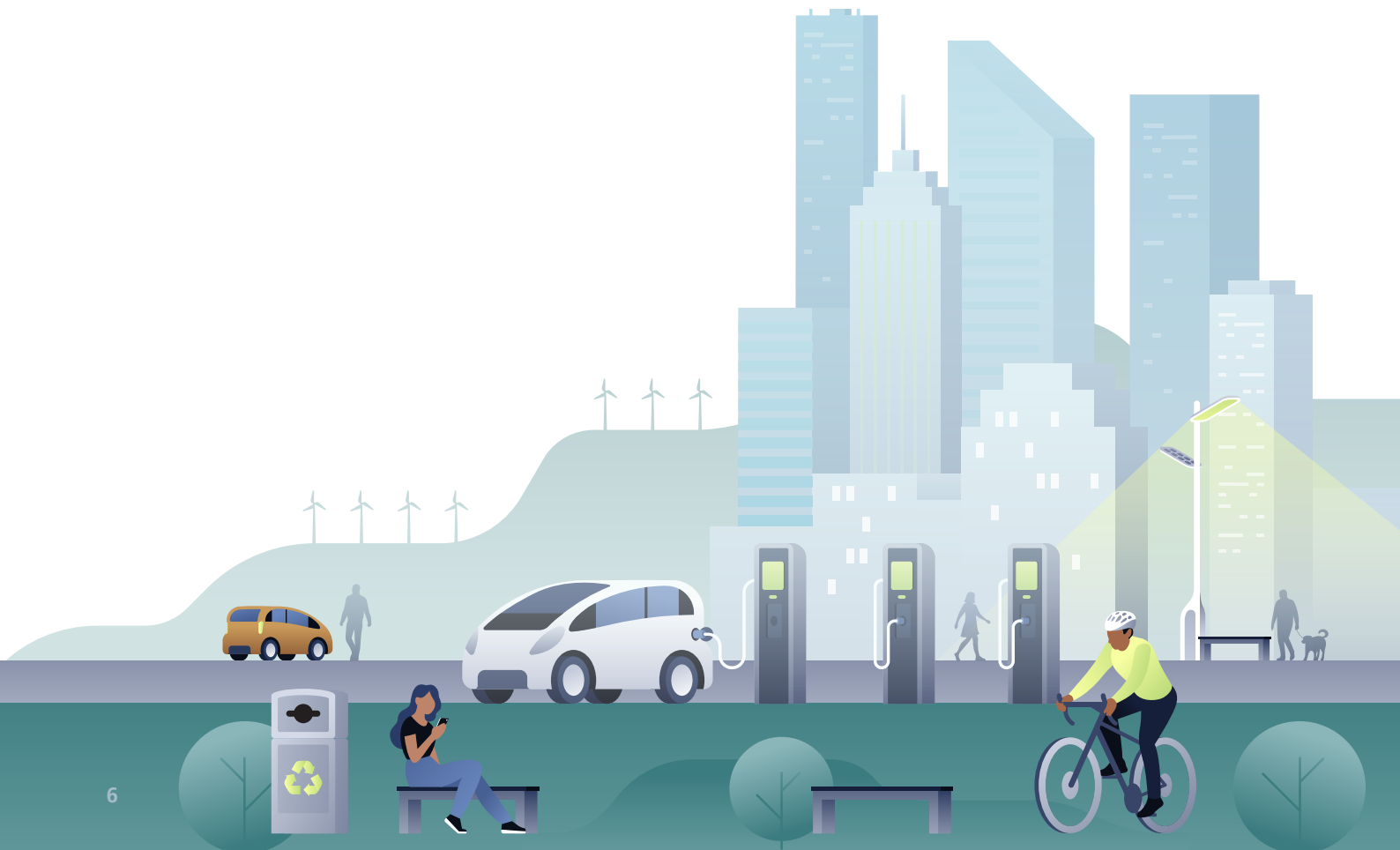
Hier setzen »Smart Services« an, die diese Lücke schließen und die Gebäudetechnik demokratisieren. Smarte Services machen fortschrittliche Technologien zugänglich und benutzerfreundlich, indem sie intuitive Schnittstellen und automatisierte Prozesse bereitstellen. Dabei ermöglichen diese Softwarelösungen – meist Apps – eine direkte Interaktion der Nutzenden mit dem Gebäude und erlauben es den Büroangestellten, Leistungen des Gebäudes individuell zu konfigurieren. Über benutzerfreundliche Schnittstellen können die Nutzenden Einstellungen wie Beleuchtung, Raumtemperatur und andere Umgebungsvariablen nach ihren Wünschen steuern und personalisieren, und so zu einer maßgeblichen Verbesserung der Lebens- und Arbeitsqualität beitragen. Daneben sammeln und analysieren diese digitalen Dienste Daten aus verschiedenen Quellen innerhalb des Gebäudes, um die betriebliche Effizienz zu steigern und den Energieverbrauch zu reduzieren (Bullinger et al. 2017). Smarte Services können in vielen Bereichen für die Nutzenden des smarten Gebäudes eingesetzt werden, bspw. zur personalisierten Arbeitsplatzsteuerung (z. B. eine App, die die intelligente Steuerung von der Beleuchtung, Temperatur etc. ermöglicht), zur Raumbuchung und -verwaltung (z. B. eine App zur Buchung sowie Überprüfung der Belegung von Räumen und Alternativvorschlägen) oder als Feedbacksystem (z. B. zur Übermittlung von verschiedenen Gebäudeaspekten wie Sauberkeit und technischen Problemen über einen Sprachassistenten).

### Nutzende und Nutzerzentrierung

Smarte Gebäude zeichnen sich aber nicht nur durch die Integration modernster Technologien aus, sondern auch durch die Schaffung einer lebenswerten Umgebung für die Nutzenden. Ein entscheidender Faktor dabei ist, dass sich smarte Gebäude an die Bedürfnisse und Vorlieben der Nutzenden anpassen können. So können bspw. fortschrittliche Automatisierungssysteme die Beleuchtung und Temperatur basierend auf der Belegung und den individuellen Vorlieben der sich vor Ort befindenden Personen anpassen, um eine personalisierte Umgebung zu ermöglichen (Buckman et al. 2014).

Eine personalisierte Umgebung im Rahmen smarter Gebäude erfordert ein benutzerzentriertes Design. Dieser Ansatz bezeichnet einen Prozess, der die Nutzenden in den Mittelpunkt des Designprozesses stellt. Ziel ist es, die Zufriedenheit und die allgemeine Lebensqualität einer oder eines jeden einzelnen Nutzenden individuell zu verbessern (Contreras et al. 2022). Diese Philosophie fokussiert sich auf die Kreation interaktiver Erfahrungen, die auf die Bedürfnisse und Präferenzen der Nutzenden zugeschnitten sind. Dabei werden verschiedene Formen der sensorischen Interaktion berücksichtigt, darunter visuelle, sprachliche, taktile, kognitive und emotionale (Li et al. 2020). Hierdurch soll sichergestellt werden, dass das Gebäude den Anforderungen der Nutzenden gerecht wird. Dieser Ansatz unterstützt die nachhaltige Entwicklung, indem er die Funktionalität von Gebäuden verbessert. Somit sind die Gebäude anpassungsfähiger und gehen auf die Bedürfnisse derjenigen ein, die sie täglich nutzen.

Die Nutzerzentrierung bringt zahlreiche positive Effekte mit sich. Beispielsweise kann ein nutzerzentriertes smartes Gebäudemangementsystem nicht nur zu direkten Energieeinsparungen führen, sondern auch zur Steigerung des individuellen Energie- und Umweltbewusstseins (Cano et al. 2015). Tatsächlich sind Systeme, die das Nutzerverhalten bei ihrem Betrieb mit einbeziehen, auch tendenziell effizienter. So haben bspw. nutzerzentrierte IoT-Systeme in smarten Gebäuden gezeigt, dass sie das Energiemanagement verbessern, indem sie die Interaktionen und das Verhalten der Nutzenden berücksichtigen (Cano et al. 2015).



# 3. Anforderungen aus der Praxis

---

Nachdem Grundlagen um die nutzerzentrierte Gestaltung von smarten Gebäuden erläutert wurden, folgt nun die Analyse der Anforderungen aus der Praxis. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse von Expertinnen- und Experteninterviews und einer Fokusgruppe vorgestellt, die speziell zur Erfassung der Anforderungen an nutzerzentrierte smarte Gebäude selbst sowie in ihrer Umgebung durchgeführt wurden.

Im März 2024 wurden zehn Interviews mit Fachexpertinnen und Fachexperten geführt, die über einschlägiges Wissen und Erfahrung verfügen, um *smarte Gebäude* zu entwickeln und zu betreiben. Die berufliche Expertise im Bereich smarte Gebäude umfasst die Entwicklung und Bereitstellung von Dienstleistungen für Gebäude, Arbeit in der Gebäudetechnik, Forschung im Themenfeld oder die Arbeitsplatzgestaltung (Human Resources). Basierend auf Fragen aus den folgenden vier Themenblöcken wurden unterschiedliche Anforderungen identifiziert.

## 1. Lebenswerte und nutzerzentrierte Gebäude

Fragen rund um Merkmale und Definitionen von lebenswerten und nutzerzentrierten Gebäuden mit Beispielen zu bewährten Praktiken.

## 2. Das Gebäude in seiner Umgebung

Fragen zur Vernetzung smarter Gebäude mit ihrer Umgebung.

## 3. Ziele und Wirkungsebenen von nutzerzentrierten smarten Services in Gebäuden

Fragen zu den Zielen von smarten Gebäuden und den Zusammenhängen zwischen Nutzenden, smarten Services und Gebäude.

## 4. Anforderungen an smarte Services

Klärung des Verständnisses von smarten Services und deren Beitrag zur Nutzerzentrierung sowie Fragen bezüglich der Anforderungen an smarte Services und deren Beitrag zur Nutzerzentrierung.

In einer Fokusgruppe wurden interaktive Diskussionen sowie der Austausch von Ideen und Meinungen zwischen den Nutzenden von smarten Gebäuden angeregt. Die Fokusgruppe wurde von den an der Studie beteiligten Forschenden am Fraunhofer IAO durchgeführt und mit einem Flyer auf dem Bildungscampus Heilbronn sowie online auf sozialen Netzwerken beworben.

Darüber hinaus wurden zwei Erklärungsmodelle (siehe Kapitel 3.3), die auf der Basis von Literatur und einer internen Expertenrunde erarbeitet wurden, in den Interviews und der Fokusgruppe angepasst und validiert.

Acht Teilnehmende, darunter drei Mitarbeitende und fünf Studierende des Bildungscampus Heilbronn sowie ein externer Besucher, diskutierten im ersten Teil über die Merkmale lebenswerter und nutzerzentrierter Gebäude selbst sowie in ihrer Umgebung. Im zweiten Teil entwickelten die Teilnehmenden in Zweiergruppen Szenarien aus dem Arbeits- und Studienalltag und diskutierten, inwiefern smarte Services den Alltag optimieren können, welche Herausforderungen es gibt und was bei der Umsetzung zu beachten ist.

Im Folgenden werden die zentralen Merkmale und Anforderungen aus den Interviews dargestellt.

## 3.1 Lebenswerte und nutzerzentrierte Gebäude

Lebenswerte Gebäude werden von den Fachexpertinnen und Fachexperten durch Merkmale definiert, die in engem Zusammenhang mit den emotionalen, physischen und funktionalen Bedürfnissen der Nutzenden stehen. Die Berücksichtigung emotionaler Anforderungen in der Gebäudegestaltung zielt darauf ab, das Wohlbefinden der Nutzenden zu steigern und einen positiven Einfluss auf ihre emotionale Erfahrung zu nehmen. Die Betrachtung physischer Bedürfnisse sollte unter Einbeziehung emotionaler Erfahrungen erfolgen, da eine gegenseitige Beeinflussung möglich ist. Funktionale Anforderungen beziehen sich auf die Möglichkeit, die Tätigkeiten im Gebäude optimal und effizient erfüllen zu können (z. B. Arbeit, Vernetzung).

### »Ein lebenswertes Gebäude ist ...

... nicht nur eine Sammlung von Schreibtischen und Arbeitsplätzen, sondern integriert verschiedene Funktionen, die das Arbeitsleben und die Bedürfnisse der Nutzenden unterstützen«.

*Architekt aus den Expertinnen- und Experteninterviews*

Emotionale und physische Anforderungen können bspw. durch die Integration von natürlichen Lichtquellen erfüllt werden, welche durch ihre Ausstrahlung von Ruhe und Wärme einen Beitrag zur Steigerung des Wohlbefindens leisten. Weitere Aspekte wären die Auswahl von Materialien, die eine angenehme Haptik bieten, akustische Bedingungen, die eine ruhige Atmosphäre schaffen, eine Verbindung zur Natur, z. B. durch die Verwendung natürlicher Materialien, sowie begrünte Flächen. Auch die Berücksichtigung der Gesundheit und der Ergonomie von Menschen wären zwei wesentliche Bestandteile lebenswerter Gebäude. Zusätzliche Annehmlichkeiten wie ergonomische Arbeitsplätze, Sporträume sowie hochwertige und gesunde gastronomische Angebote sollten zur Verfügung stehen, um die Attraktivität und den Komfort zu erhöhen. Besonders in der Fokusgruppe wird die Verfügbarkeit von Zusatzangeboten zur Steigerung der Lebenswertigkeit und des Komforts betont.

Des Weiteren könnte laut einem Großteil der Fachexpertinnen und Fachexperten die Schaffung offener und flexibler Räume, welche soziale Interaktionen fördern, einen positiven Einfluss

auf das emotionale Erleben der Nutzenden haben. Sowohl Nutzende als auch Gebäudebetreibende können durch eine effiziente Organisation des Raumes und eine optimierte Nutzung der verfügbaren Ressourcen profitieren. Diese Aspekte sollen in einem lebenswerten Gebäude harmonieren, um eine optimale Umgebung für alle Beteiligten zu schaffen. Es sei von Bedeutung, eine Balance zwischen kollaborativen und konzentrierten Arbeitsbereichen zu schaffen. Dazu gehöre eine geschickte Zonierung innerhalb des Gebäudes, um visuelle Ablenkungen zu minimieren und einen ausreichenden Abstand zwischen den Arbeitsplätzen zu gewährleisten. Insbesondere, wenn smarte Technologien im Gebäude zum Einsatz kommen, sollten diese nicht ablenkend und störend wirken.

Die Interviewdaten verdeutlichen, dass eine Nutzerzentrierung in Gebäuden die Berücksichtigung individueller Präferenzen und spezifischer Anforderungen meint, die unter Umständen variieren können. Die Anpassung des Gebäudes an emotionale, physische und funktionale Bedürfnisse der Nutzenden oder bestimmter Nutzergruppen sei laut der Fachexpertinnen und Fachexperten ein wesentlicher Bestandteil der Nutzerzentrierung. Das könnte erreicht werden, indem bedarfsgerecht von standardisierten Mustern abgewichen wird und Funktionen des Gebäudebetriebs durch die Nutzenden eingestellt werden können.

Eine nutzerzentrierte Gestaltung kann dazu beitragen, dass die Nutzenden in diesen Räumen nicht nur effizienter, sondern auch zufriedener sind. Dementsprechend wären lebenswerte Räume auch emotional und physisch bereichernd und können einen positiven Einfluss auf das Wohlbefinden, das Engagement sowie die Gesundheit mit sich bringen.

Die Befragten erkennen zunehmend, dass die Gestaltung von Räumen, die sich an den Bedürfnissen der Nutzenden orientieren, langfristig zu einer höheren Zufriedenheit und Produktivität führt. Gleichzeitig muss überprüft werden, inwiefern der Gebäudebetrieb den Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsansprüchen gerecht wird. Eine Nutzerzentrierung soll als Potenzialträger fungieren, um soziale, ökonomische und ökologische Ziele in Einklang zu bringen und eine Win-Win-Situation für Nutzende, Unternehmen und Umwelt zu schaffen.

### »Ein lebenswertes Gebäude heißt ...

... auch gleichzeitig ein lebenszyklusorientiertes Gebäude für mich«.

*Projektentwickler Immobilien aus den Expertinnen- und Experteninterviews*

## Hindmarsh Shire Council Corporate Centre

Hindmarsh Civic Centre umfasst Gemeinschaftseinrichtungen und multifunktionale Räume

### Besonderheiten

- Querstromlüftung und zonierte, bewegungserkennende Beleuchtung für verbesserte Energieeffizienz
- Vertikale grüne Wände zur Verbesserung der Raumluftqualität
- Elektronisches Steuerungs- und Überwachungssystem zur Minimierung des Energieverbrauchs

Energieeffizienz | Nachhaltigkeit | Smarte Technologien



k20architecture.com



Nhill, Australien

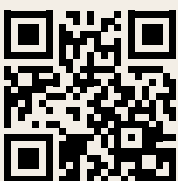
## The Ship

The Ship ist eine zukunftsweisende, voll digitalisierte Büromobilie in Ehrenfeld, in der durch die Verwendung von High-End-Technologien eine Verbindung zwischen Technologie und Lebensraum möglich wird.

### Besonderheiten

- Automatische Optimierung von Klima und Beleuchtung, Gebäudesteuerung per App (bspw. Zutritt zu den Räumlichkeiten, selbst Räume reservieren etc.)
- Workspace-Buchungssystem
- Keyless Entry
- Smarte 3D-Navigation im Gebäude

Energieeffizienz | Nachhaltigkeit | Smarte Technologien



shipcologne.com



Köln, Deutschland

## 3.2 Das Gebäude in seiner Umgebung

»Also ich glaube, dass [...] eine Betrachtung des Gebäudes alleine schwierig zu machen ist, weil es immer um die Integration in den Campus [geht]«.

*Architekt aus den Expertinnen- und Experteninterviews*

Smarte Gebäude sind häufig Teil eines größeren Ökosystems. Doch wie kann ein smartes Gebäude optimal in seine Umgebung eingebettet werden? Die Fachexpertinnen und Fachexperten aus dem technischen Tätigkeitsbereich betonen neben der physischen Integration in die Umgebung und Architektur vor allem eine umfassende technologische Vernetzung mit der Umgebung.

Dazu zählt die Nutzung smarter Technologien, welche die Kommunikation und Interaktion zwischen dem Gebäude, den Nutzenden und der externen Umgebung ermöglichen. Solche Technologien können bspw. Echtzeitdaten über Verkehrsströme und Umweltbedingungen liefern, die dann zur Optimierung der Gebäudeeffizienz und in Form von Services zur Verbesserung des Nutzerkomforts verwendet werden.

Nachfolgend werden die zentralen Anforderungen zur Vernetzung von smarten Gebäuden erläutert.

### **Funktionale und (daten-)infrastrukturelle Vernetzung**

Die **funktionale Vernetzung** meint die Verknüpfung verschiedener Lebensbereiche wie Arbeit, Mobilität und Versorgung mit dem Ziel, die Lebensqualität der Nutzenden zu steigern. Optimalerweise werden im Gebäude oder unmittelbar anliegend Dienstleistungen aus dem Alltag angeboten, um Wege zu minimieren und Aufenthalte effizient zu gestalten (z. B. Mikro-Supermarkt, Paket-Box, Reparatur-Services).

»Lebenswert ist natürlich immer ein Mix aus verschiedenen Kernbereichen. Also Nachhaltigkeit, Mobilität, das ganze Thema Infrastruktur, auch smarte Lösungen, die eben das Leben unterstützen, je nachdem, wie der Bedarf auch bei den einzelnen Bürgern ist. Im Prinzip dieses Zusammenspiel zwischen all diesen Bereichen«.

*Projektmanager, smarter Campus aus den Expertinnen- und Experteninterviews*

Die **(daten-)infrastrukturelle Vernetzung** erfordert eine nahtlose Kommunikation zwischen den technischen Systemen und smarten Services, die in den verschiedenen Lebensbereichen erbracht werden. Dabei nennen die Interviewpartner die Interoperabilität technischer Systeme sowie offene Schnittstellen als Voraussetzung für die Entwicklung und Integration smarter Services. Zudem sollten Gebäude nicht mehr als isolierte Einheiten betrachtet werden, sondern als Teil eines größeren, serviceorientierten Ökosystems. Dadurch können Dienstleistungen angeboten werden, die über die physischen Grenzen des Gebäudes hinausgehen und den Alltag der Nutzenden erheblich erleichtern. Ein Beispiel für die Integration von IoT-Lösungen in Gebäuden ist die Optimierung der Temperatur, Beleuchtung und Belegung von Meetingräumen. Diese erfolgt auf Basis von Echtzeit-Daten, die von Sensoren und Buchungsdaten gesammelt werden.

Für die Umsetzung der Anforderungen ist die Sicherstellung der Kompatibilität von Hard- und Software, insbesondere bei der Modernisierung von Altbauten und im Hinblick auf die Vernetzung nach außen, relevant. Um Kompatibilitätsproblemen vorzubeugen, müssen neue technologische Lösungen in bestehende Systeme integriert werden können, was eine sorgfältige Planung und Auswahl der Komponenten voraussetzt. Hierbei werden nicht nur Stakeholder aus der Gebäudeplanung und dem Betrieb adressiert, sondern auch Unternehmen, die Technologien und Services in Gebäuden anbieten. Die veränderten Rahmenbedingungen erfordern die Anpassung von bisherigen Modellen der Zusammenarbeit zwischen den Stakeholdern im Gebäude-Ökosystem.

### **Flexibilität und innovative Nutzungskonzepte**

In Anbetracht sinkender Auslastungsquoten und steigender Energiekosten erlangen Flexibilität und innovative Nutzungskonzepte laut der Fachexpertinnen und Fachexperten eine zunehmende Bedeutung. Beispielsweise bietet die gemeinschaftliche Nutzung von Flächen das Potenzial, neue Geschäftsmodelle zu generieren (Sharing Economy).

#### **Sharing Economy ...**

bezeichnet kommerzielle und nicht-kommerzielle Produkt-Service-Systeme, die ungenutzte Ressourcen in crowd-basierten Netzwerken durch echtes Teilen oder kollaborativen Konsum erfassen und umverteilen. Dabei wird eine datenbasierte Vermittlungsplattform genutzt.

*Belezas und Daniel 2023*

Ein effektives Flächenmanagement und eine organisierte Planung sind dabei entscheidend, um eine flexible Nutzung der Flächen in und um die Gebäude herum zu verwirklichen.

Smarte Services wie bspw. ein smartes Raumreservierungssystem für Büroangestellte, das die Buchung und Verwaltung von gemeinsam genutzten Räumen über eine Plattform ermöglicht, bieten organisatorische Unterstützung. Das Raumreservierungssystem könnte in das zentrale Managementsystem des Smart Buildings integriert und vernetzt sein und IoT-Sensoren nutzen, die in den Besprechungsräumen installiert sind, um die Belegung in Echtzeit zu ermitteln. Mitarbeitende können über eine mobile App oder ein Webportal auf das Raumreservierungssystem zugreifen. Dort sehen sie die Verfügbarkeit aller Besprechungsräume in Echtzeit und können Räume für bestimmte Zeiten buchen. Wenn ein Raum für eine geplante Zeit gebucht ist, aber nicht genutzt wird, erkennt das System dies durch die Sensoren und gibt den Raum automatisch wieder frei, sodass er von anderen genutzt werden kann. Außerdem kann das System die Raumbelastung analysieren und Vorschläge machen, um die Nutzung zu optimieren, z. B. durch die Empfehlung kleinerer Räume für kleinere Gruppen. Durch diese intelligente Verwaltung werden die Räume effizient genutzt, was den Komfort und die Produktivität der Mitarbeitenden erhöht, während gleichzeitig die Ressourcennutzung optimiert wird.

Im Folgenden ist eine plattformbasierte Lösung für das Teilen von Arbeitsplätzen skizziert, die Anforderungen der Nutzerzentrierung integriert.

Darüber hinaus können über eine Auswahl und Filterung von Anforderungen spezielle Bedürfnisse der Nutzenden erfasst und in der Suchoption berücksichtigt werden. So können bspw. besondere Anforderungen an die Privatsphäre, den sozialen Austausch oder die Lautstärke individuell eingestellt werden.

Um die Planbarkeit bestmöglich zu unterstützen, kann der eigene Kalender verknüpft werden. Darüber hinaus bietet eine Plattform optimalerweise die Möglichkeit, Dienste auszuwählen, die sich in fußläufiger Nähe zum Arbeitsplatz befinden sollen. So können Aufenthalte effizient geplant und mit Erledigungen des täglichen Bedarfs kombiniert werden.

Die **Raumreservierung** erfolgt über einen integrierten Kalender oder eine Listenansicht, in der alle verfügbaren Besprechungsräume angezeigt werden. Die Nutzenden können die gewünschte Uhrzeit und Dauer der Raumnutzung festlegen und zusätzliche Ressourcen wie Beamer oder Whiteboards für ihre Besprechungen buchen.

Die Funktion **Umgebungsdaten** bietet ein Dashboard mit aktuellen Messwerten zur Arbeitsumgebung, einschließlich Lärmpegel und Luftqualität. Grafische Darstellungen und Diagramme ermöglichen es den Nutzenden, Trends und Veränderungen im Laufe der Zeit zu verfolgen und so die beste Zeit und den besten Ort für effizientes Arbeiten zu finden.

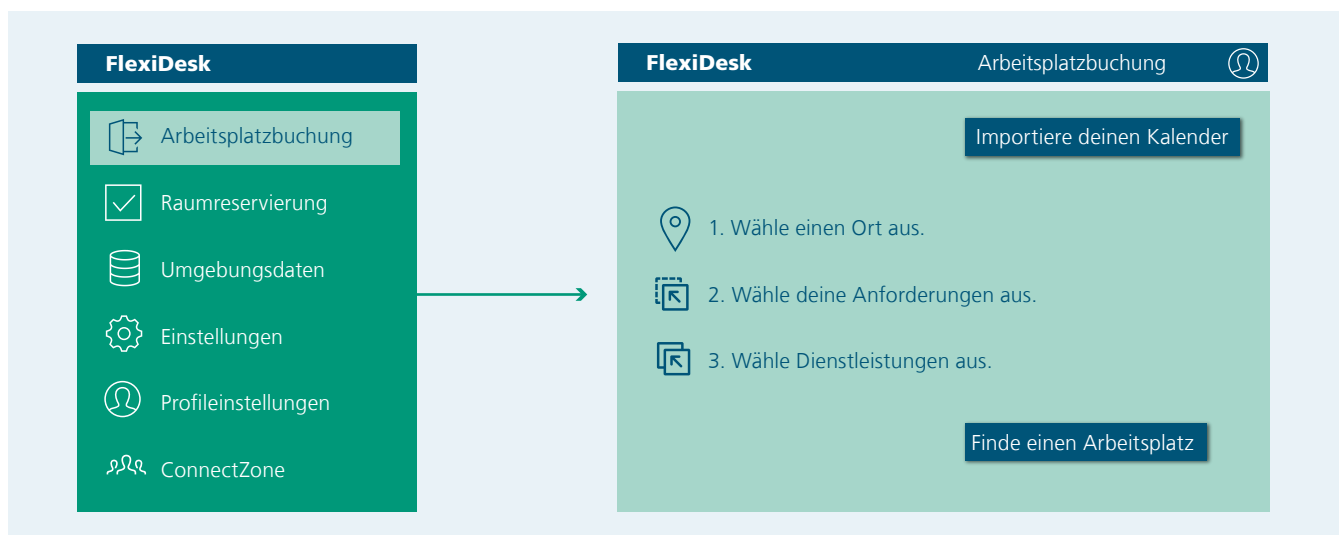


Abbildung 1: Prototypische plattformbasierte Lösung »FlexiDesk«.

Die in Abbildung 1 dargestellte Skizze einer plattformbasierten Anwendung beinhaltet eine Lösung zur Optimierung der Arbeitsplatzgestaltung und -nutzung in Bürogebäuden. Verschiedene Schlüsselfunktionen sind in einer benutzerfreundlichen Oberfläche integriert. Über das Hauptmenü kann zwischen den verfügbaren Funktionen navigiert werden.

Die **Arbeitsplatzreservierung** ermöglicht die Auswahl des gewünschten Arbeitsplatzes über eine interaktive Karte.

In den **Profileinstellungen** können Anforderungen dauerhaft gespeichert sowie Benachrichtigungen und Datenschutzoptionen eingestellt werden. In einer **ConnectZone** können Nutzende eines oder mehrerer Unternehmen optional miteinander in Kontakt treten und Freizeitaktivitäten am Standort planen.

Die prototypische Lösung verdeutlicht den Dreiklang zwischen Nutzenden, dem Gebäude und smarten Services und zeigt, wie ein smarter Service Mehrwerte im Gebäudebetrieb schaffen kann (vgl. Abb. 1)

## Ökologische Nachhaltigkeit

Neben den Anforderungen an eine lebenswerte und nutzerzentrierte Gestaltung der Gebäude einerseits und eine wirtschaftliche Nutzung andererseits sind Gebäudebetreibende darüber hinaus mit Richtlinien und Gesetzen zur ökologischen Nachhaltigkeit konfrontiert.

»Kerngedanke des Nachhaltigen Bauens ist es, diese unterschiedlichen Interessen in Einklang zu bringen und die an Gebäude gestellten, vielschichtigen und komplexen Anforderungen bestmöglich zu erfüllen. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Anforderungen und unterschiedlichen Perspektiven entstehen qualitätvolle Gebäude, die gerne genutzt und wertgeschätzt werden, lange Bestand haben und auf diese Weise wertstabil und zukunftssicher sind«.

*Bundesministerium für Wohnen,  
Stadtentwicklung und Bauwesen*

Das Zielbild in Deutschland verfolgt eine Klimaneutralität im Gebäudebestand bis 2045 (Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen 2024). Darunter werden die Energieeffizienz und der Erhalt der Biodiversität, die Reduzierung des Flächenverbrauchs sowie eine nachhaltige Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen gefasst.

Die Überwachung und Prognostizierung von Parametern in Gebäudesystemen mithilfe von IoT und Algorithmen erweisen sich in Hinblick auf die Analyse von nachgelagerten Nachhaltigkeitseffekten als besonders relevant. Diesbezüglich können Trends im Stromverbrauch erfasst und prognostiziert werden, sodass ersichtlich wird, wann welche Mengen zur Verfügung stehen sollten (Krishnan et al. 2023). Insbesondere bei Gebäuden, die als Energieproduzenten für das Gebäude selbst und für die Umgebung dienen sollen, ist eine solche Vorgehensweise von hoher Bedeutung, um einen stabilen Regelbetrieb zu gewährleisten.

Während die Forschung bereits Ergebnisse zur Effizienz von smarten Gebäuden zeigt, offenbaren die Interviews, dass noch ein unzureichender Kenntnisstand über die langfristigen ökologischen Auswirkungen smarter Gebäude besteht. Insbesondere sollte laut der Fachexpertinnen und Fachexperten bei der Implementierung von Hardware im Gebäudebestand eine Untersuchung der ökologischen Nachhaltigkeit erfolgen. Zudem befürchten die befragten Architekten, dass es in smarten Gebäuden zu nachgelagerten Rebound-Effekten kommen kann.

### Der Rebound-Effekt ...

beschreibt das Phänomen, dass der Verbrauch bestimmter Güter (z. B. Energie oder Transport) durch eine erhöhte Effizienz relativ günstiger wird und die Menschen infolgedessen mehr davon verbrauchen. Dieser erhöhte Verbrauch verringert den Umweltnutzen der Effizienzsteigerung und kann sogar zu einem »Rückschlag« (Rebound) führen, bei dem der Verbrauchszuwachs proportional größer ist als die Effizienzsteigerung, was zu höheren Nettoauswirkungen führt.

*Zink und Geyer 2017*

In Anbetracht der unterschiedlichen Nutzer-, Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsanforderungen können Zielkonflikte entstehen, die in Kapitel 4 diskutiert werden.

## Microsoft Campus Puget Sounds

Der Hauptsitz von Microsoft wird seit 2017 modernisiert und erneuert. Im Zentrum der Nachhaltigkeitsstrategie für den Campus steht das Ziel, bis 2030 eine positive CO<sub>2</sub>-Bilanz vorzuweisen.

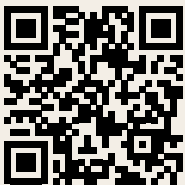
### Besonderheiten

- Zentrales Versorgungssystem mit 902 geothermischen Brunnen reguliert die Temperatur im Gebäude
- Verwendung des IT-Softwaresystems »smartes bGrid-System«
- Verbindung der beiden Campus-Hälften durch eine reine Fußgänger- und Fahrradbrücke
- Anbindung an die Microsoft Redmont Technology Transit Station, die zukünftige Stadtbahnstation

Redmont, USA



### Smarte Technologien | Nachhaltigkeit



<https://news.microsoft.com/redmond-campus/>

## Belgrade Waterfront

Städtebauliche Erneuerung zur Verbesserung des Stadtbilds und der Wirtschaft Belgrads.

### Besonderheiten

- 10 000 Wohneinheiten mit Serviced Apartments und Smart Home Ausstattung, Eigentumswohnungen, Hotels
- Einkaufszentren mit 300 Shops, öffentliche Gebäude, Räume für den Kunst- und Kulturaustausch, Smart Police Station
- Spezialisierte Bildungseinrichtungen (Kids Genius School) und 11 Kindereinrichtungen
- 2,7 ha Parkfläche und 1,8 km lange Promenade

Belgrade, Serbien



### Wirtschaftlichkeit | Dienstleistungen | Smarte Technologien



<https://www.belgradewaterfront.com/en/>

## 3.3 Smarte Services in Gebäuden

### Ziele nutzerzentrierter smarter Gebäude

Das Modell aus Abbildung 2 wurde in den Expertinnen- und Experteninterviews angepasst und weiterentwickelt. Es stellt das Konzept eines »Smart Buildings« dar und besteht aus drei Hauptkomponenten, die zusammenarbeiten, um ein intelligentes Gebäude zu schaffen: Gebäude, Nutzende und smarte Services. Diese Komponenten beeinflussen sich gegenseitig und tragen laut den Expertinnen und Experten zu den primären Zielen der Produktivität und der Nachhaltigkeit sowie zum Engagement und Wohlbefinden bei. Ähnliche Zielgrößen werden auch bei der Bürogestaltung berücksichtigt, wobei die Produktivität als eine der zentralen Größen betrachtet wird (Stolze 2023).

Im Zentrum des Modells steht das smarte Gebäude. Ein smartes Gebäude nutzt Technologien zur Optimierung der Gebäudefunktionen und -verwaltung. Ein Beispiel wäre ein mit modernen Technologien ausgestattetes Bürogebäude. Unter diese Technologien fallen intelligente Beleuchtung, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sowie Sicherheitssysteme. Diese Systeme sind über das IoT miteinander vernetzt und können zentral gesteuert werden.

Der Begriff **Gebäude** bezeichnet die physischen Strukturen und baulichen Aspekte sowie die infrastrukturellen Gegebenheiten des Gebäudes.

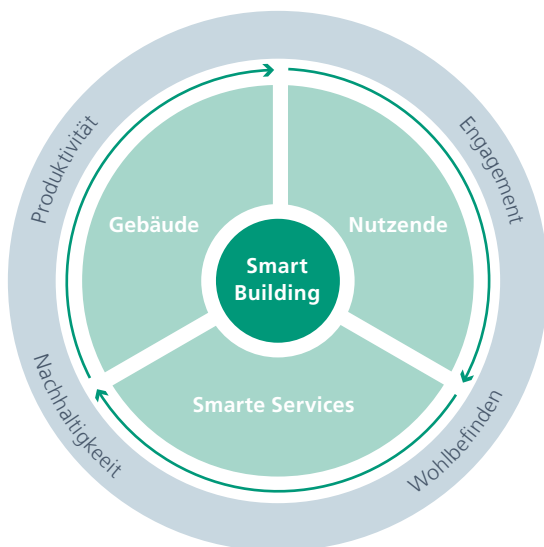


Abbildung 2: Ziele und Kernkomponenten von smarten Gebäuden.

Der Begriff **Smarte Services** bezeichnet die verschiedenen Funktionen, die ein Gebäude für die Nutzenden bereitstellt, um einen bequemen und effizienten Arbeitsraum zu gewährleisten. Smarte Dienste umfassen bspw. (teil-)automatisierte Systeme zur Verwaltung von Beleuchtung, Heizung, Sicherheit usw. Diese Dienste sollen zur Vereinfachung und Verbesserung der alltäglichen Erfahrungen der Gebäudenutzenden sowie zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit des Gebäudes an die Bedürfnisse der Nutzenden beitragen.

Smarte Services ermöglichen die Interaktion der **Nutzenden** mit dem Gebäude und seinen intelligenten Funktionen. Durch die Nutzerzentrierung sollten die Bedürfnisse der Nutzenden bei der Planung und dem Betrieb des Gebäudes berücksichtigt werden.

In dieser Studie liegt der Fokus auf Büroangestellten, die die Nutzenden des Gebäudes sind. Sie können bspw. über eine mobile App oder ein zentrales Dashboard auf verschiedene Funktionen des Smart Buildings zugreifen, z. B. die Anpassung der Raumtemperatur, die Reservierung von Konferenzräumen oder die Steuerung der Beleuchtung an ihren Arbeitsplätzen.

Die Ziele eines smarten Gebäudes sollten sowohl die Steigerung des Wohlbefindens, der Produktivität sowie des Engagements der Nutzenden als auch die Förderung der Nachhaltigkeit des Gebäudes sein. Diese Ziele sollten bei der Konzeption smarter Services berücksichtigt werden.

Der Begriff **Nachhaltigkeit** umfasst sowohl die ökologische als auch die ökonomische Nachhaltigkeit des Gebäudes. Ein Smart Building ist idealerweise umweltfreundlich und zeichnet sich durch einen effizienten Umgang mit Ressourcen aus. Dabei sollen Technologien helfen, das Gebäude möglichst ressourcenschonend und effizient zu betreiben. Beispielsweise kann durch den Einsatz von Energiemanagement-Systemen und die automatische Anpassung der HVAC-Systeme der Energieverbrauch minimiert werden, was zur Nachhaltigkeit des Gebäudes beiträgt. Intelligente Sensoren und Echtzeitdaten helfen dabei, Ressourcen effizienter zu nutzen.

Die installierten Technologien und Systeme sind nicht nur auf Effizienz ausgelegt, sondern sollen auch das **Wohlbefinden** der Nutzenden verbessern. Hierbei können z. B. smarte Services dafür sorgen, dass die Arbeitsumgebung optimal an die Bedürfnisse der Nutzenden angepasst wird. Beispielsweise könnten Büroangestellte über eine App die Beleuchtung, Temperatur und Jalousien in ihrem individuellen Arbeitsbereich steuern. Die App lernt ihre Vorlieben und passt sich automatisch an, um eine optimale Arbeitsumgebung zu schaffen.

**Produktivität** bezieht sich auf die Effizienz und Effektivität der Büroangestellten. Ein Smart Building zielt darauf ab, die Leistung durch den Einsatz smarter Systeme zu optimieren sowie den Mitarbeitenden optimale, und im besten Fall leistungssteigernde Arbeitsbedingungen zu bieten. Im Beispiel würde das Bürogebäude die Produktivität der Büroangestellten erhöhen, indem es die Arbeitsbedingungen der Mitarbeitenden verbessert. Eine gut regulierte Umgebungstemperatur und optimierte Beleuchtung können die Produktivität und Zufriedenheit der Mitarbeitenden steigern.

**Engagement** bezieht sich auf die aktive Beteiligung und das Einbeziehen der Nutzenden in die Interaktion mit der Gebäudeumgebung. Beispielsweise könnte eine App auch Funktionen zur Förderung der Gesundheit und des Wohlbefindens bieten, z. B. Erinnerungen an Bewegungspausen, Zugang zu Fitnesskursen oder Informationen über gesunde Ernährungsmöglichkeiten in der Kantine.

### Wirkungsebenen in nutzerzentrierten smarten Gebäuden

Smarte Services ermöglichen die Interaktion zwischen den Nutzenden und dem Gebäude. Neben der individuellen Steuerung von Gebäudeparametern wie Temperatur oder Beleuchtung wird eine Vielzahl an Szenarien zur Optimierung des Wohlbefindens und der Gesundheit der Menschen durch smarte Services ermöglicht. Wenn smarte Services in Gebäuden zum Einsatz kommen, ist eine Auseinandersetzung mit den Anforderungen an die Implementierung und den Betrieb der smarten Services notwendig.

Zur Beschreibung der Wirkungsebenen und Beziehungen zwischen den Nutzenden, den smarten Services und den Gebäuden im Kontext von smarten Gebäuden wurde das in Abbildung 3 dargestellte Modell von den Autoren der Studie entwickelt. Das Fundament des Modells ist das physische Gebäude selbst. Es repräsentiert die Infrastruktur, die durch smarte Technologien optimiert werden soll. Flexible Infrastruktur bedeutet, dass die Infrastruktur des Gebäudes so gestaltet ist, dass sie verschiedene smarte Services integrieren kann. Beispielsweise könnten modulare Beleuchtungssysteme, die je nach Nutzung angepasst und erweitert werden können, installiert werden.

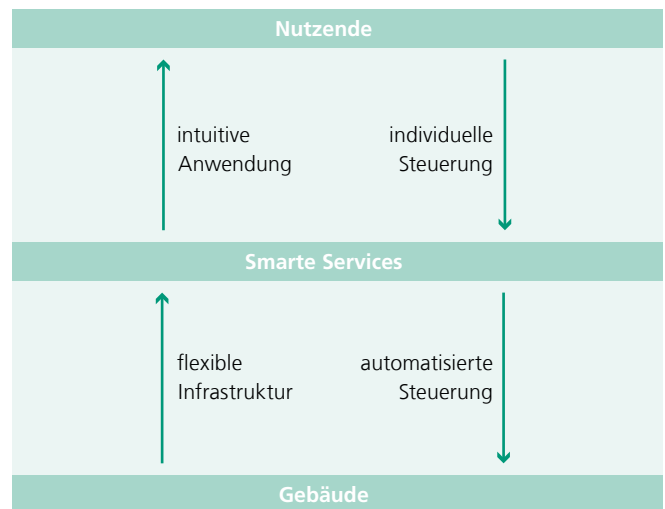


Abbildung 3: Interaktionen und Beziehungen zwischen Nutzenden, smarten Services und dem Gebäude.

Auf der mittleren Ebene zwischen dem Gebäude und den Nutzenden befinden sich die smarten Services. Smarte Services umfassen Technologien und Systeme, die das Gebäude intelligent und reaktionsfähig machen. Automatisierte Steuerung bezieht sich auf Services, die selbstständig und in Echtzeit auf Veränderungen im Gebäude reagieren. Ein Beispiel hierfür ist ein intelligentes Heizsystem, welches sich automatisch an die Anwesenheit von Personen im Raum anpasst und dadurch Energie spart.

Die oberste Wirkungsebene repräsentiert die Nutzenden, also die Menschen, die das Gebäude nutzen, in unserem Fall die Büroangestellten. Die Anforderungen und Bedürfnisse der Nutzenden sind eine treibende Kraft für die Implementierung smarter Services. Intuitive Anwendung bedeutet, dass smarte Services von den Nutzenden einfach und ohne große Einarbeitung genutzt werden können. Beispiele hierfür sind intuitive Benutzeroberflächen und sprachgesteuerte Systeme. Individuelle Steuerung ermöglicht den Nutzenden, die Umgebung im Gebäude an ihre Präferenzen anzupassen. Dies kann durch persönliche Einstellungen in einer App geschehen oder durch intelligente Assistenten, die die Vorlieben der Nutzenden lernen und sich entsprechend anpassen.

## 3.4 Anforderungen an die nutzerzentrierte Gestaltung smarter Services in Gebäuden

Um smarte Services im Gebäude erfolgreich zu implementieren, bedarf es einer Betrachtung unterschiedlicher Anforderungen an die nutzerzentrierte Gestaltung smarter Services.

Einerseits gibt es regulatorische Anforderungen, wie Vorgaben im Datenschutz. Andererseits sind es (daten-)infrastrukturelle Rahmenbedingungen wie die Gewährleistung der Kompatibilität und die Vernetzung der Anwendungen, die bei der Implementierung smarter Services in Gebäuden berücksichtigt werden müssen (Chamari et al. 2023). Im Sinne einer nutzerzentrierten Gestaltung spielen außerdem die Anforderungen der Betreibenden und Nutzenden eine wichtige Rolle.

### Top 5 Begeisterungsmerkmale eines »Cognitive Environments«

1. Blockade eingehender Kommunikation durch Sprachbefehl
2. Zuweisung eines Besprechungsraums passend zum Besprechungsziel
3. Angepasste Raumatmosphäre passend zur Besprechungsart
4. Vorbereiteter Besucherausweis
5. Mitnahme des eigenen Präferenzprofils in andere Gebäude/Unternehmen

Stolze, 2023

Besonders positiv werden die smarten Services in Gebäuden von 829 Befragten im Rahmen einer Studie zu Potenzialen kognitiver Umgebungen wahrgenommen (Stolze 2023). Den Teilnehmenden wurden Services mit unterschiedlichen Varianten vorgestellt (z. B. automatische Blockade von Anrufen in Konzentrationsphasen vs. Blockade eingehender Kommunikation durch einen Sprachbefehl).

Die Sichtung des persönlichen digitalen Profils durch die Führungskraft sowie ein anonymisierter Vergleich der eigenen Arbeitsleistung auf einer Plattform wurden dagegen als besonders negativ bewertet.

Insgesamt wird ersichtlich, dass Services mit mehr Kontrolle durch die Nutzenden besser bewertet werden und einen

positiven Einfluss auf die Akzeptanz haben. Die Berücksichtigung von Anforderungen an smarte Services vonseiten der Nutzenden sind essenziell, um eine erfolgreiche Implementierung zu sichern.

Daher wurde in den Expertinnen- und Experteninterviews nach den Anforderungen an die Umsetzung und Nutzung smarter Services in Gebäuden gefragt, wobei ein besonderer Fokus auf die Interaktion der Nutzenden mit smarten Services gelegt wurde. Die Anforderungen sind im Folgenden aufgelistet.

### Individuelle Steuerung

- Serviceleistungen in Gebäuden sollten individuell und nach Bedarf geleistet werden, was eine klare Zustimmung oder Ablehnung vonseiten der Nutzenden erfordert.
- Die Zufriedenheit mit den Technologien sollte regelmäßig evaluiert werden, um sicherzustellen, dass sie einen Mehrwert bieten, und um festzustellen, ob Anpassungen notwendig sind. Hierbei sollten sowohl die Einschätzungen der Gebäudebetreibenden als auch die Meinungen der Nutzenden einbezogen werden.

### Sharing Economy ...

bezeichnet kommerzielle und nicht-kommerzielle Produkt-Service-Systeme, die ungenutzte Ressourcen in crowd-basierten Netzwerken durch echtes Teilen oder kollaborativen Konsum erfassen und umverteilen. Dabei wird eine datenbasierte Vermittlungsplattform genutzt.

Belezas und Daniel 2023

### Benutzerfreundlichkeit

- Benachrichtigungen auf der Service-Plattform oder App sollten für die Nutzenden durch Ton und Benachrichtigungsstil nicht störend oder ablenkend wirken.
- Smarte Services sollten unterstützend sein, ohne die Nutzenden durch überflüssige Technik zu überfordern oder sie gänzlich zu ersetzen.
- Die smarten Services sollten nahtlos in den Alltag integrierbar sein und sich niederschwellig in bisherige Abläufe einfügen lassen.
- Die Services sollten intuitiv bedienbar sein und sich unterschiedlichen Anforderungen an die Interaktionsform anpassen (z. B. auditive und visuelle Interaktionsformen).
- Im Gebäude sollten eine einheitliche Gestaltung und Bündelung von Services angestrebt werden (z. B. durch eine zentrale digitale Plattform).
- Inklusionsprinzipien und Möglichkeiten zur sozialen Interaktion sollten bei der Gestaltung smarter Services berücksichtigt werden, um den zwischenmenschlichen Austausch im Gebäude und über das Gebäude hinaus zu fördern.

- Es sollte aktiv Aufklärungsarbeit über das Vorhandensein und die Funktionsweise der Services geleistet werden, um die Zugänglichkeit für alle potenziellen Nutzenden zu gewährleisten. Das kann unter anderem die Einbeziehung von Personalabteilungen erfordern, die eng mit den Beschäftigten zusammenarbeiten.

»Ich glaube, dass es vor allem nachvollziehbar sein muss, dass man einfach auf den ersten Blick versteht: Was bringen die Services, wie kann ich sie bedienen und wie kann ich eingreifen?«

*Forscherin und Architektin aus den Expertinnen- und Experteninterviews*

### Datenschutz und Privatsphäre

- Der Datenschutz ist eine Priorität zur Sicherung des Vertrauens der Nutzenden und eine wesentliche Anforderung, die bei der Implementierung von smarten Services berücksichtigt werden muss.
- Bei der Erfassung und Bereitstellung personenbezogener Daten ist es erforderlich, individuelle Einstellungen zum Umgang mit den Daten und den Zugang zu diesen zu ermöglichen.
- Es muss klar ersichtlich sein, welche Daten zu welchem Zeitpunkt erhoben und gespeichert werden.

### Wirtschaftlicher Nutzen und Effizienz

- Smarte Services sollten helfen, die Arbeit im Bürogebäude zu erleichtern und zu unterstützen, z. B. durch die Minimierung des administrativen Aufwands bei Bürobesuchen oder Raumbuchungen.
- Smarte Services sollten kritisch hinsichtlich ihres Beitrags zur Effizienz- und Gewinnmaximierung bewertet werden, um ihre Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Insbesondere sollten die Services evaluiert und an die Bedarfe angepasst werden.
- Traditionelle Akteursstrukturen und Wertschöpfungsketten in der Branche stehen unter einem Transformationsdruck, um eine reibungslose Integration und Nutzung smarter Services zu gewährleisten. Dahingehend müssen neue Kooperations- und Geschäftsmodelle eruiert und ein grundlegendes Verständnis für smarte Services in Gebäuden geschaffen werden.

»Das Technologieumfeld [ist] immer noch sehr heterogen, also Machbarkeitsfragen und Fehleinschätzungen der Aufwände sind klar Hemmnisse«

*CEO und Founder eines relevanten Start-ups aus den Expertinnen- und Experteninterviews).*

Es wird ersichtlich, dass neben der ökologischen Nachhaltigkeit auch der wirtschaftliche Nutzen zentral für die erfolgreiche Implementierung smarter Services in Gebäuden ist. Um einen aktiven Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten zu können, sollten sowohl die ökologische als auch die ökonomische und soziale Nachhaltigkeit in Betracht gezogen werden. Die soziale Nachhaltigkeit wird in dieser Forschungsarbeit durch den Fokus auf die Nutzerzentrierung adressiert und kann durch die individuelle Einstellbarkeit, Benutzerfreundlichkeit und Partizipation vorangetrieben werden.

Auf eine Balance zwischen der Gebäudeautomatisierung und denjenigen Optionen, die individuell einstellbar sind, gibt es noch keine abschließende Antwort. Diese würde laut der Fachexpertinnen und Fachexperten von kontextbezogenen Faktoren abhängen. Kontextbezogene Faktoren könnten eine Kombination aus regulatorischen Anforderungen und internen Zielen sowie verfügbaren Ressourcen darstellen. Während die rechtlichen Anforderungen an die Energieeffizienz oder die Bestrebung nach Energieerzeugung in Gebäuden einen Einfluss auf das Nachhaltigkeitsverständnis haben, können geringe Ressourcen und hohe Kosten einen negativen Einfluss auf die Integration optionaler smarter Services ausüben, die den Nutzerkomfort erhöhen.

Die unterschiedlichen Ziele können Zielkonflikte in der Ausgestaltung smarter Gebäude herbeiführen. Dieses Spannungsfeld wird im nächsten Kapitel diskutiert.

## 4. Das Spannungsfeld zwischen Nutzenden-, Nachhaltigkeits- und Wirtschaftsanforderungen

---

Während smarte Gebäude zahlreiche Vorteile bieten, entstehen auch komplexe Spannungsfelder, die aus den unterschiedlichen und manchmal widersprüchlichen Anforderungen von Nutzenden, Betreibenden und regulatorischen Vorgaben resultieren. Laut den Interviews müssen diese Spannungsfelder sorgfältig gemanagt werden, um die Ziele der Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Nutzerzufriedenheit zu erreichen. Die folgenden Spannungsfelder wurden in den Expertinnen- und Experteninterviews hervorgehoben:

### **Spannungsfeld zwischen den Nutzenden und der Nachhaltigkeit**

Ein zentrales Spannungsfeld im Kontext von smarten Gebäuden besteht zwischen den Nutzenden und der Nachhaltigkeit. Nutzende haben oft hohe Erwartungen an Komfort, Bequemlichkeit und persönliche Anpassung ihrer Umgebung. Zum Beispiel wünschen sie sich eine angenehme Temperaturregelung, ausreichende Beleuchtung und eine gute Luftqualität, was jedoch hohe Energieverbräuche nach sich ziehen kann. Auf der anderen Seite erfordern nachhaltige Praktiken oft Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs, die nicht immer mit den Komfortbedürfnissen der Nutzenden übereinstimmen. Ein Beispiel hierfür ist die Nutzung von Energiesparmodi für Heizung und Klimaanlage, die möglicherweise nicht sofort die gewünschte Temperatur bereitstellen. Die Herausforderung besteht darin, nachhaltige Technologien so zu integrieren, dass sie sowohl den ökologischen Fußabdruck reduzieren als auch den Komfort und das Wohlbefinden der Nutzenden nicht beeinträchtigen. Dies erfordert eine sorgfältige Planung und den Einsatz fortschrittlicher Technologien, die den Energieverbrauch optimieren, ohne die Bedürfnisse der Nutzenden zu vernachlässigen.

### **Spannungsfeld zwischen der individuellen Steuerung und der Automatisierung**

Ein weiteres Spannungsfeld besteht zwischen individueller Steuerung und Automatisierung in smarten Gebäuden. Nutzende schätzen die Möglichkeit, ihre Umgebung entsprechend ihrer persönlichen Vorlieben anzupassen, bspw. durch manuelle Steuerung von Beleuchtung, Temperatur und anderen Komfortparametern. Gleichzeitig zeigt sich die Möglichkeit, viele dieser Funktionen durch automatisierte Systeme zu optimieren, die auf Daten und Algorithmen basieren, um Effizienz und Komfort zu maximieren. Diese Automatisierung kann jedoch dazu führen, dass Nutzende das Gefühl haben, die Kontrolle über ihre Umgebung zu verlieren, was ihre Zufriedenheit beeinträchtigen kann. Ein automatisiertes System könnte bspw. die Beleuchtung dimmen oder die Temperatur anpassen, um Energie zu sparen, was nicht immer mit den unmittelbaren Wünschen der Nutzenden übereinstimmt. Die Herausforderung besteht darin, eine Balance zu finden, bei der Automatisierung die Nutzerpräferenzen berücksichtigt und den Nutzenden gleichzeitig genügend Kontrolle über ihre Umgebung belässt. Durch benutzerfreundliche Schnittstellen und flexible Anpassungsmöglichkeiten können smarte Gebäude diese Balance besser erreichen und sowohl Effizienz als auch Nutzerzufriedenheit sicherstellen.

### **Spannungsfeld zwischen Datenschutz/Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit**

Smarte Gebäude sammeln und verarbeiten eine große Menge an Daten, um verschiedene Dienste zu optimieren und den Komfort der Nutzenden zu verbessern. Dazu gehören Informationen über Bewegungsmuster, Energieverbrauch, Präferenzen der Nutzenden und vieles mehr. Während diese Daten für die Effizienz und Personalisierung von Diensten unerlässlich sind, stellen sie auch ein Risiko für Datenschutz und Sicherheit dar. Nutzende möchten sicherstellen, dass ihre persönlichen Daten geschützt sind und nicht für unautorisierte Zwecke verwendet werden. Gleichzeitig erwarten sie eine benutzerfreundliche und reibungslose Nutzung der intelligenten Systeme. Die Herausforderung besteht darin, robuste Sicherheitsmaßnahmen zu implementieren, die den Datenschutz gewährleisten, ohne die Benutzerfreundlichkeit und den Komfort der Systeme zu beeinträchtigen.

### **Spannungsfeld zwischen den Kosten und der Wirtschaftlichkeit**

Neue Technologien können größere Investitionen (z. B. durch Weiterentwicklung von Technologien, Aufbau einer Infrastruktur, Aufbau von Expertise etc.) erfordern. Dabei muss das Betreiben eines smarten Gebäudes wirtschaftlich rentabel bleiben, was bedeutet, dass die Kosten für diese Technologien und Dienstleistungen sorgfältig abgewogen werden müssen. Hohe Betriebskosten dagegen können die Mieten erhöhen, was wiederum die Nutzerzufriedenheit beeinträchtigen kann. Die Balance zwischen der Bereitstellung hochqualitativer smarter Services und der Aufrechterhaltung einer wirtschaftlich tragfähigen Betriebskostenstruktur ist eine ständige Herausforderung. Dabei können innovative Geschäftsmodelle und Finanzierungsmöglichkeiten helfen, die anfänglichen Investitionen zu bewältigen und gleichzeitig die Erwartungen der Nutzenden zu erfüllen.



## 5. Fazit

---

Die Zukunft des Gebäudemanagements liegt in der Schaffung lebenswerter, smarter Gebäude. Diese Gebäude nutzen modernste Technologie, um Effizienz, Komfort und Nachhaltigkeit zu maximieren und berücksichtigen dabei die emotionalen, physischen und funktionalen Bedürfnisse der Nutzenden. Eine nutzerzentrierte Gestaltung des Gebäudes und seiner Infrastruktur ist der Schlüssel zu mehr Wohlbefinden, Engagement und Produktivität der Nutzenden.

Smarte Services nehmen heutzutage in nutzerzentrierten Gebäuden eine immer zentralere Rolle ein. Diese Services sind mehr als nur Hilfsmittel. Sie fungieren als dynamische Schnittstellen, die den Zugriff auf verschiedene Gebäudefunktionen automatisiert oder vom Nutzer gesteuert ermöglichen. Durch die intelligente Integration dieser Services können nicht nur die individuellen Bedürfnisse der Nutzer besser erfüllt werden, sondern auch Effizienz und Nachhaltigkeit im Gebäudemanagement gesteigert werden.

Für die Entwicklung smarter Services sind umfassende Daten, Zugriff auf diese Daten, offene Schnittstellen sowie die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen von entscheidender Bedeutung. Insbesondere der Zugang zu Nutzer- und Gebäudedaten ist notwendig, um adaptive und smarte Services zu entwickeln, die auf sich ändernde Bedürfnisse der Nutzer eingehen können. Allerdings werden diese Voraussetzungen für die Entwicklung smarter Services im modernen Gebäudemanagement häufig noch nicht ausreichend berücksichtigt oder es gibt Bedenken zum Datenschutz, die das Verarbeiten von Daten einschränken. Zudem gibt es in Bestandsbauten häufig nur wenig Sensorik und damit nur wenig Daten, die jedoch Grundlage für die Entwicklung smarter Services sind. Ein bewusster Fokus auf diese Aspekte ist notwendig, um den Weg für smarte Services im Gebäudemanagement zu ebnen.

Die Entwicklung smarter Services erfordert den Aufbau zusätzlicher Kompetenzen bei Gebäudemanager\*innen im Umgang mit rechtlichen, technischen und organisatorischen Aspekten, wie beispielsweise zu Datenschutz und technischer Infrastruktur. Zudem ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den traditionellen Akteuren des Gebäudemanagements und neuen Stakeholdern, wie beispielsweise technologiegetriebenen Start-ups, erforderlich. Solche Unternehmen können durch ihre Flexibilität und Innovationskraft maßgeblich zur Transformation von Gebäuden beitragen. Für eine erfolgreiche Implementierung müssen neue Netzwerke gebildet und Ökosysteme geschaffen werden, welche Kooperation und offenen Austausch zwischen diesen Akteuren fördern. Nur so lassen sich smarte Services entwickeln, die langfristig den Wert und die Lebensqualität smarter Gebäude steigern.

Darüber hinaus ist eine Einbindung der Nutzenden bei der Entwicklung und Implementierung smarter Services für Gebäude erforderlich. Die Steuerung der Umgebung nach persönlichen Vorlieben und die Steigerung des persönlichen Wohlbefindens sind wesentliche Faktoren für Nutzende. Intuitive und leicht zugängliche Apps sollten es allen Nutzenden – unabhängig von ihrer technischen Affinität – ermöglichen, die Vorteile smarter Services voll auszuschöpfen. Dennoch gilt es, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen individuellen Bedürfnissen, technologischen Möglichkeiten und Nachhaltigkeit zu finden. Dabei ist sicherzustellen, dass sie zur Nachhaltigkeit durch Energieeinsparungen und Effizienzsteigerungen beitragen und sich damit auch positiv auf die Betriebskosten auswirken. Smarte Services sollten den Wert und die Attraktivität des Gebäudes erhöhen.

# Literaturverzeichnis

---

- Al Dakheel, Joud; Del Pero, Claudio; Aste, Niccolò; Leonforte, Fabrizio (2020): Smart buildings features and key performance indicators: A review. In: *Sustainable Cities and Society* 61, S. 102328. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102328.
- Buckman, A. H.; Mayfield, M.; B.M. Beck, Stephen (2014): What is a Smart Building? In: *Smart and Sustainable Built Environment* 3 (2), S. 92–109. DOI: 10.1108/SASBE-01-2014-0003.
- Bullinger, Hans-Jörg; Ganz, Walter; Neuhüttler, Jens (2017): Smart Services – Chancen und Herausforderungen digitalisierter Dienstleistungssysteme für Unternehmen. In: Karsten Hadwich und Manfred Bruhn (Hg.): *Dienstleistungen 4.0. Forum Dienstleistungsmanagement*. Wiesbaden: Springer Gabler (Forum Dienstleistungsmanagement), S. 97–120. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/318344102\\_Smart\\_Services\\_-\\_Chancen\\_und\\_Herausforderungen\\_digitalisierter\\_Dienstleistungssysteme\\_fur\\_Unternehmen](https://www.researchgate.net/publication/318344102_Smart_Services_-_Chancen_und_Herausforderungen_digitalisierter_Dienstleistungssysteme_fur_Unternehmen), zuletzt geprüft am 17.6.
- Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hg.) (2024): *Nachhaltiges Bauen*. Das nachhaltige Bauen ist ein zentraler Baustein in der Strategie der Bundesregierung zur nachhaltigen Entwicklung. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. Online verfügbar unter <https://www.bmwsb.bund.de/Webs/BMWSB/DE/themen/bauen/bauwesen/nachhaltiges-bauen/nachhaltiges-bauen-node.html>, zuletzt geprüft am 17.6.
- Cano, M. Victoria; Zamora, Miguel A.; Skarmeta, Antonio F. (2015): An IoT based framework for user-centric smart building services. In: *IJWGS* 11 (1), Artikel 67157, S. 78. DOI: 10.1504/IJWGS.2015.067157.
- Chamari, Lasitha; Petrova, Ekaterina; Pauwels, Pieter (2023): An End-to-End Implementation of a Service-Oriented Architecture for Data-Driven Smart Buildings. In: *IEEE Access* 11, S. 117261–117281. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3325767.
- Contreras, V.; Montané, L.; Cepero, T.; Benitez, E.; Mezura, C. (2022): Building Adaptable Dashboards for Smart Cities: Design and Evaluation. In: *Program Comput Soft* 48 (8), S. 534–551. DOI: 10.1134/S0361768822080072.
- De Groote, M.; Volt, J.; Bean, F. (2017): Smart buildings decoded. Building performance institute Europe. Online verfügbar unter [https://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/06/PAPER-Smart-buildings-decoded\\_05.pdf](https://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/06/PAPER-Smart-buildings-decoded_05.pdf), zuletzt geprüft am 07.05.2024.
- Entgelmeier, Ines; Meyer, Sophie-Charlotte; Tisch, Anita; Backhaus, Nils (2023): Das Büro als sozialer Ort. In: *Arbeit* 32 (2), S. 111–132. DOI: 10.1515/arbeit-2023-0008.
- Krishnan, Prabhakar; Prabu, A. V.; Loganathan, Sumathi; Routray, Sidheswar; Ghosh, Uttam; AL-Numay, Mohammed (2023): Analyzing and Managing Various Energy-Related Environmental Factors for Providing Personalized IoT Services for Smart Buildings in Smart Environment. In: *Sustainability* 15 (8), S. 1–21. DOI: 10.3390/su15086548.
- Li, Zhen; Zhang, Jiao; Li, Mengwan; Huang, Jizhuo; Wang, Xiangyu (2020): A Review of Smart Design Based on Interactive Experience in Building Systems. In: *Sustainability* 12 (17), S. 1–15. DOI: 10.3390/su12176760.
- Stolze, Dennis (2023): *Cognitive Environments*. Potenziale kognitiver Umgebungen in der Post-Covid-Zeit. Unter Mitarbeit von Fraunhofer-Gesellschaft, Oliver Riedel, Katharina Hölzle, Wilhelm Bauer und Stefan Rief.



# Impressum

---

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation IAO  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

## **Kontakt**

Tanja Palalic  
Tel. +49 711 970-5271  
[tanja.palalic@iao.fraunhofer.de](mailto:tanja.palalic@iao.fraunhofer.de)

## **DOI (kostenlose PDF-Version)**

<http://dx.doi.org/10.24406/publica-3541>

## **Titelbild**

© Anastasiia Neibauer, Bro Vector – [stock.adobe.com/Fraunhofer IAO](https://stock.adobe.com/Fraunhofer%20IAO)

## **Satz und Gestaltung**

Franz Schneider, Fraunhofer IAO

