

Der Einfluss vom Smart Building auf Wohlbefinden und Produktivität von Mitarbeitern im Büro

Version 01, 18. Juni 2020
Prof. Dr. Michael Krödel

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Produktivität von Mitarbeitern aufgrund des Arbeitsumfelds	5
2.1 Auswirken vom Arbeitsumfeld auf die Mitarbeiterzufriedenheit	5
2.1.1 <i>Luftqualität</i>	5
2.1.2 <i>Licht</i>	5
2.1.3 <i>Thermische Behaglichkeit</i>	6
2.1.4 <i>Moderne Büroumgebung</i>	7
2.1.5 <i>Personalisierte Dienste sowie Indoor-Navigation</i>	8
2.2 Auswirkungen der Mitarbeiterzufriedenheit auf die Produktivität	8
3 Fazit	9
3.1 Einfluss eines Smart Building auf das Wohlbefinden von Mitarbeitern	9
3.2 Ohne frühzeitige Planung kein Smart Building	10
4 Quellen	11

1 Einleitung

Für Büro-orientierte Unternehmen sind Personalkosten üblicherweise der mit Abstand größte Kostenanteil an den Betriebskosten. Für wissensbasierte Unternehmen liegen diese bei ca. 90 % - während die Energiekosten lediglich einen Anteil von ca. 1 % ausmachen (Abbildung 1).

In Konsequenz sollte jedes Unternehmen dafür sorgen, dass Mitarbeiter möglichst produktiv sind. Neben Aspekten wie Mitarbeiterführung, Betriebsklima und Vergütung hat dabei der Arbeitsplatz einen ganz wichtigen Einfluss. Gemäß einer Studie mit mehr als 7.000 Befragten aus 12 Ländern stimmten im Durchschnitt mehr als 50 % zu, dass ihr Arbeitsbereich eine direkte Auswirkung auf die eigene Effektivität habe [JLL 2017]. Das Smart Building kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten, indem es für optimale Luftqualität, Beleuchtung, thermische Behaglichkeit sowie eine flexible Interaktion mit der modernen Büroumgebung sicherstellt. Zu einigen dieser Aspekte haben bereits vertiefte Studien nachgewiesen, dass kognitive Tests von Mitarbeitern zu deutlich besseren Ergebnisse führen, als wenn z.B. Belüftung und Beleuchtung ungeregelt betrieben werden [Wargocki et al. 2000].

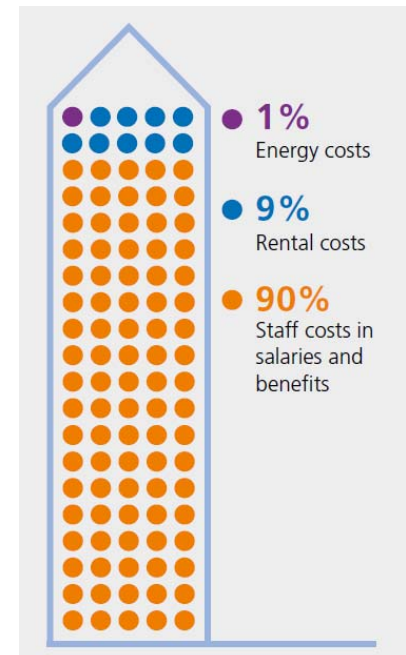


Abbildung 1: Kostenanteile wissensbasierter Unternehmen [WGBC 2014]

In Summe ist ein Smart Building deutlich mehr als nur ein energetisch optimiert betriebenes Gebäude. Oft wird „Smart Building“ mit höherer Energieeffizienz und somit geringeren Betriebskosten gleichgesetzt. Tatsächlich stimmt es zunächst, dass ein sinnvoll eingesetzter Automationsgrad zu monetären Einsparungen führen, die die Investitionen in die Automation innerhalb von wenigen Jahren amortisieren [Merz et al 2016]. Der größere Mehrwert eines „Smart Buildings“ ist aber ein ganz anderer – nämlich die positiven Auswirkungen auf die Mitarbeiterproduktivität sowie im erweiterten Sinne auch auf die Aspekte Mitarbeitergewinnung und –bindung.

Bereits seit 2009 postuliert Prof. Dr. Derek Clements-Croome von der University in Reading (UK), dass ein „intelligentes Gebäude“ nicht nur im Sinne von Energieeffizienz, sondern auch zum Wohl des Menschen eingesetzt werden muss: *„Ein intelligentes Gebäude ist ein Gebäude, das auf die Bedürfnisse der Bewohner, Organisationen und der Gesellschaft eingeht. Es ist nachhaltig im Hinblick auf den Energie- und Wasserverbrauch und schadstoffarm im Hinblick auf Emissionen und Abfälle, gesund im Hinblick auf das Wohlbefinden der Menschen, die darin leben und arbeiten, und funktional entsprechend den Bedürfnissen der Nutzer“* [Clements-Croome, Yang 2018].

Der Einfluss vom Smart Building auf Wohlbefinden und Produktivität von Mitarbeitern im Büro

In dieser Beziehung können Smart Buildings dazu beitragen, Wohlbefinden und Produktivität von Mitarbeitern zu steigern. Deshalb ist zu erwarten, dass diese Aspekte Kernbestandteile zukünftiger Gebäudeplanungen werden [Xie et al. 2017].

Im Folgenden werden diese Querbeziehungen genauer beschrieben:

- Was sind die elementaren Möglichkeiten, die ein Smart Building im Sinne einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit und -produktivität beisteuern kann?
- Welche gesicherten Erkenntnisse gibt es dazu?
- Welche Konsequenzen ergeben sich für den Planungsprozess eines Smart Buildings?

Dabei reicht der Einfluss noch viel weiter. Denn die Motivation der Mitarbeiter hat auch eine Konsequenz auf die Zufriedenheit von Kunden. Abbildung 2 zeigt zum einen die Auswirkung der Zufriedenheit der Mitarbeiter sowohl auf deren eigene Produktivität als auch auf den Unternehmenserfolg des eigenen Unternehmens. Zum anderen hat die Mitarbeiterzufriedenheit aber auch eine Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit und wiederum dessen Vertrauen in das Unternehmen des erwähnten Mitarbeiters. In einer entsprechenden Studie wurde interessanterweise ermittelt, dass ein unzufriedener Mitarbeiter eine hohe negative Auswirkung auf die Zufriedenheit des Kunden hat – aber nicht umgekehrt. D.h. ein unzufriedener Kunde hat nur einen reduzierten Einfluss auf die Zufriedenheit eines Mitarbeiters [Jeon&Choi 2012].

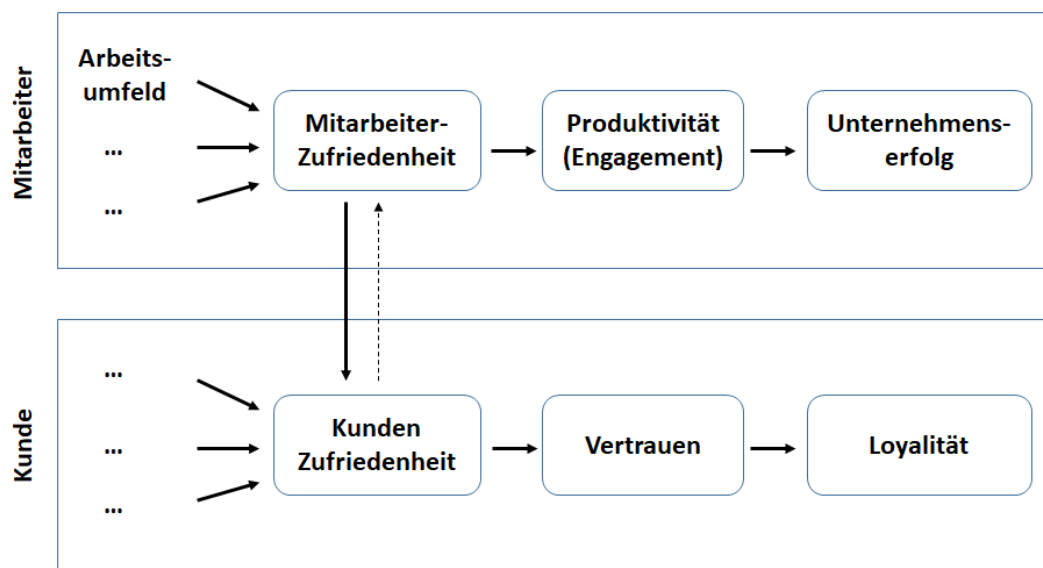


Abbildung 2: Auswirkungen von Mitarbeiterzufriedenheit in Anlehnung an [Jeon&Choi 2012]

2 Produktivität von Mitarbeitern aufgrund des Arbeitsumfelds

„Ein Arbeitsplatz ist mehr als eine Immobilie.

Er ist eine lebendige Umgebung, die es Menschen und Unternehmen ermöglicht, Leben und Arbeit lohnenswert miteinander zu verschmelzen und zu gestalten.“¹

In diesem Kapitel werden diejenigen Möglichkeiten aufgeführt, die ein Smart Building beeinflussen und somit im Sinne einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit und -produktivität beisteuern kann.

2.1 Auswirken vom Arbeitsumfeld auf die Mitarbeiterzufriedenheit

2.1.1 Luftqualität

Die Anforderung an eine ausreichende Luftqualität und die Querbeziehung auf das menschliche Wohlbefinden ist nicht neu. Bereits 1858 wurde von Dr. Max von Pettenkofer in seinem Buch „Über den Luftwechsel von Wohngebäuden“ beschrieben, dass eine ausreichende Luftqualität nur dann gegeben sei, wenn der Kohlendioxidgehalt - damals als Kohlensäure bezeichnet - einen Wert von 1 pro Tausend nicht überschreitet. In den heutigen Maßstab überführt, entspricht das einer CO₂-Konzentration von 1.000 ppm (parts per million). Diese sogenannte Pettenkofer-Zahl wurde lange als Kriterium zur Bewertung der Innenraumluft genutzt.

„Aus diesen Versuchen geht zur Evidenz hervor, dass uns keine Luft behaglich ist, welche in Folge der Respiration und Perspiration des Menschen mehr als 1 pro Tausend Kohlensäure enthält. Wir haben somit ein Recht, jede Luft als schlecht und für einen beständigen Aufenthalt als untauglich zu erklären, welche in Folge der Respiration und Perspiration des Menschen mehr als 1 pro Tausend Kohlensäure enthält.“²

Die direkten Auswirkungen der Raumluftqualität auf den menschlichen Körper standen in diversen Studien bereits im Mittelpunkt von Untersuchungen. Studien aus den Jahren 2006 und 2008 haben ergeben, dass eine Leistungssteigerung (erhöhte Arbeitsgeschwindigkeit bei vergleichbarer Fehlerrate) um 8 % bis 14 % bei einer Verdoppelung des Außenluftvolumenstroms erreicht werden kann (z.B. Erhöhung von 17 m³/h auf 34 m³/h) [Wargocki 2008].

In einer Studie mit über 1.200 Arbeitsplätzen konnte nachgewiesen werden, dass die Luftqualität eine direkte Auswirkung auf die Mitarbeiterzufriedenheit hat. Dabei wurde ein CO₂-Grenzwert von 582 ppm ermittelt, ab dem die meisten Mitarbeiter beginnen, die Luftqualität zu bemängeln [Park et al. 2019].

2.1.2 Licht

Licht hat eine bedeutende psychologische Wirkung. Es hat Einfluss auf die „innere Uhr“ und damit auch die Leistungsfähigkeit bzw. das Wohlbefinden des Menschen. Im Jahre 2002 entdeckten Forscher neben den bisher in der Netzhaut des Auges bekannten Lichtrezeptoren einen weiteren Typ: melanopsinhaltige retinale Ganglienzellen. Diese beeinflussen die Produktion des auch als „Schlafhormons“ bekannten Melatonin - dieser Querbezug wird als melanopische Lichtwirkung bezeichnet. Dies erklärt, warum der Mensch bei kälterem Licht aktiver/unruhiger ist und bei wärmerem Licht ruhiger wird bzw. mehr zur Ruhe kommt. Da eine permanente Aktivierung des menschlichen

¹ Dr Marie Puybaraud, Global Head of Research, JLL Corporate Solutions

² Dr. Max von Pettenkofer

Organismus auf Dauer zu Stress oder Ausfallerscheinungen führen kann, wird zunehmend der Frage Bedeutung gewidmet, welche Beleuchtung für welche Arbeitsumgebungen sinnvoll ist.

Dabei muss der erforderliche Lichteinfallswinkel für die melanopische Wirkung beachtet werden. Die erwähnten melanopsinhaltenen Ganglienzellen befinden sich im hinteren unteren Bereich des Augapfels. Deshalb ist der ideale Lichteinfallswinkel im Bereich von 0° bis 45° im Vergleich zur Waagrechten (Abbildung 3). Im Detail muss der Lichteinfall nicht direkt von der Leuchte kommen, sondern kann auch über Wand- oder Büromöbelflächen reflektiert werden.

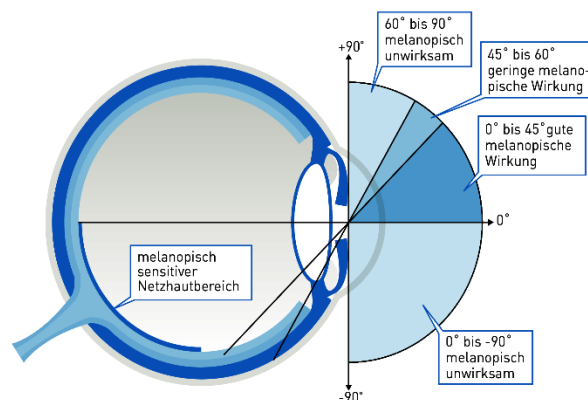


Abbildung 3: Erforderlicher Lichteinfallswinkel für die melanopische Wirkung [www.trilux.com]

Der Farbbereich des weißen Lichts reicht von einem warmen bis hin zu einem kalten Weiß. Im Detail erfolgt die Angabe in Kelvin (K) als „Farbtemperatur“. Eine Farbtemperatur von z.B. 2.700 K wird als „warmweiß“ und eine Farbtemperatur über 6.000 K als „kaltweiß“ bezeichnet. Idealerweise kann beim Einsatz von künstlicher Beleuchtung dessen Lichtfarbe individuell geregelt werden. Die dazu technische Funktionalität wird als „tunable white“ bezeichnet. Wenn diese technische Möglichkeit so eingesetzt wird, dass der Farbtemperaturverlauf über den Tag zum Wohle des Menschen dient, spricht man von HCL (Human Centric Lighting) oder im Allgemeinen über biologisch wirksame Beleuchtung.

In Summe hat die Beleuchtung am Arbeitsplatz einen Einfluss sowohl auf das Wohlbefinden im Büro als auch auf die Schlafqualität. Erholsamer Schlaf ist wiederum für eine gute Arbeitsfähigkeit und Arbeitssicherheit Voraussetzung. Ein Mangel an Tageslicht sowie zu viel künstliche Beleuchtung mit hoher Intensität und/oder hohem Anteil von „kälterem“ Licht können zu Schlafstörungen, erhöhter Müdigkeit, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsdefiziten, erhöhtem Unfallrisiko führen und psychische Beanspruchungen, depressive oder kardio-metabolische Störungen begünstigen [Kantermann et al. 2018].

Dabei muss realistischerweise erwähnt werden, dass die Beleuchtung im Büro nur einen teilweisen Einfluss auf die zuvor beschriebenen Aspekte haben. Denn Mitarbeiter setzen sich nach dem Arbeitsende einer aus betrieblicher Sicht nicht beeinflussbaren Beleuchtung im privaten oder öffentlichen Bereich aus. Aber die Auswirkungen der Kunstlichtbeleuchtung während der täglichen mehrstündigen Arbeitszeit leisten einen deutlichen Beitrag.

2.1.3 Thermische Behaglichkeit

Thermische Behaglichkeit ist gemäß DIN 1946-2:1994 dann gegeben, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht.

Die thermische Behaglichkeit hängt von mehreren Einflussfaktoren ab. Zum einen spielt die körpereigene Wärmeproduktion eine Rolle – diese ist wiederum u.a. abhängig von der Arbeitsschwere. Zum anderen sind aber auch die Möglichkeiten der Wärmeabgabe zu berücksichtigen. Für letzteres sind Lufttemperatur, Temperatur der Raumumschließungsflächen, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte und Bekleidung entscheidend. Aufgrund der Vielzahl der dargestellten Faktoren sowie individueller Präferenzen, gibt es nicht den einen optimalen Raumklima-Zustand. Man hat ein sogenanntes Behaglichkeitsfeld ermittelt, in dem eine Vielzahl von Menschen mit dem Raumklima zufrieden ist. In Bezug auf Lufttemperatur und Luftfeuchte lässt sich dieses Behaglichkeitsfeld im sogenannten „h,x-Diagramm“ oder „Mollier-Diagramm“ darstellen (Abbildung 4) [Dentel&Dietrich 2006]. Vereinfacht zusammengefasst ist die thermische Behaglichkeit dann gegeben, wenn sich die Lufttemperatur im Bereich von 22°C und 26°C bei einer relativen Luftfeuchte im Bereich von 35 % bis 65 % befindet.

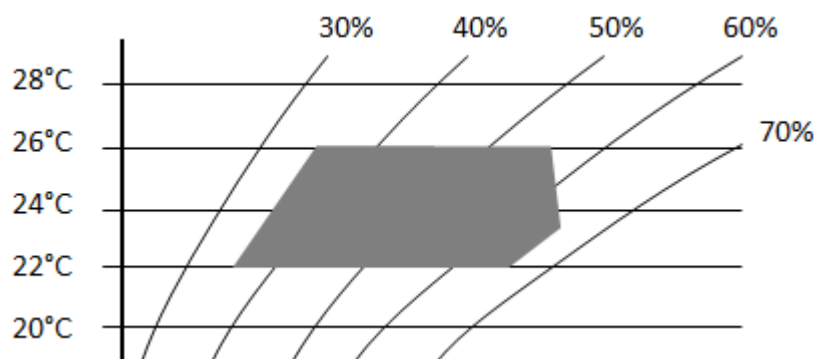


Abbildung 4: Thermische Behaglichkeit in Abhängigkeit von Temperatur (in °C) und relativer Luftfeuchte (in %) [Dentel&Dietrich 2006]

Dabei ist zu beachten, dass keine großen Temperaturdifferenzen zwischen der Raumluft und den raumumschließenden Flächen (d.h. Wände, Decke) gegeben sein sollten, da dies subjektiv als störend empfunden wird. In Konsequenz sollten Räume so beheizt werden, dass es nicht zu großen Temperaturdifferenzen zwischen den raumumschließenden Flächen, der Raumluft und den raumseitigen Heizkörpern/-flächen kommt.

Am Arbeitsplatz kommt der thermischen Behaglichkeit in Bezug auf Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit eine besondere Bedeutung zu. Bereits 1986 wurde ermittelt, dass mit steigender Raumtemperatur sowohl die körperliche als auch die geistige Leistungsfähigkeit stark abnimmt. Bei 28 °C bereits um 50 % (körperliche Leistungsfähigkeit) beziehungsweise 20% (geistige Leistungsfähigkeit) [Dentel&Dietrich 2006], [Wyon 1986]. In weiteren Untersuchungen wurde ermittelt, dass bei einem Temperaturanstieg von 23 °C auf 26 °C eine Steigerung der Leistungsfähigkeit um 50% eintritt. Erst bei 29 °C – d.h. bei zu hohen Temperaturen – reduziert sich die Leistungsfähigkeit wieder auf den Wert, der bei einer Temperatur von 23 °C ermittelt wurde [Wyon et al. 2001].

2.1.4 Moderne Büroumgebung

Ein weiterer wichtiger Aspekt von Smart Buildings ist die flexible Büronutzung. Dies umfasst unterschiedliche Möblierungsvarianten, aber auch die Aufteilung zwischen z.B. (Großraum-)Büroflächen sowie Besprechungsräumen oder Gemeinschaftsflächen. Aufgrund sich oft ändernden Rahmenbedingungen (Teamzusammensetzung, Arbeitsprozesse) ist eine regelmäßige Anpassung sinnvoll. Ein Smart Building kann Flächennutzungen auswerten und bei nicht optimaler Auslastung entsprechenden Anpassungsbedarf melden.

Nur ein echt „smartes Gebäude“ ist somit in der Lage, sich an die tatsächlichen Bedürfnisse, Präferenzen und sich an die sich verändernden Verhaltensmuster der Nutzer anzupassen. Sei es direkt durch entsprechende Regelungs- und Steuerungsmöglichkeiten der gebäudeseitigen Technik oder indirekt über Datenauswertungen und Hinweise an Raumgestaltung und Inneneinrichtung.

Wenn Nutzer eines Smart Building mehr Einfluss auf ihre Arbeitsumgebung haben - z.B. eine persönliche Kontrolle über Raumklima oder Beleuchtung- kann sich dies in Form von Zufriedenheit und Produktivität auszahlen [WGBC 2014].

2.1.5 Personalisierte Dienste sowie Indoor-Navigation

Auf Basis von Datenanalysen werden in Zukunft sogenannte personalisierte Dienste zunehmen. D.h. Mitarbeiter haben die Möglichkeit, persönliche Profile in Bezug auf Arbeitsplatzpräferenzen (z.B. Nähe oder Entfernung zu Toiletten, Aufzügen, Gemeinschaftsräumen oder technischer Infrastruktur) zu erstellen. In Kombination mit einer Indoor Navigation erhalten Mitarbeiter sehr komfortabel einen Überblick über das Gebäude samt dessen Infrastruktur und können schneller bzw. effizienter den gewünschten Arbeitsplatz bzw. die entsprechende Infrastruktur erreichen. Insbesondere in einem Umfeld von wechselnden Arbeitsplätzen (aufgrund unterschiedlicher Standorte größerer Unternehmen oder sich regelmäßig ändernden Team-Zusammensetzungen) kann das für den jeweiligen Mitarbeiter eine große Unterstützung darstellen.

Grundsätzlich bieten personalisierte Dienste eine nützliche und hilfreiche Unterstützung; gleichzeitig ist das Recht der Menschen auf Privatsphäre zu beachten. Das Gleichgewicht zwischen dem Recht von Datenanalysen und dem Recht eines Einzelnen oder einer Organisation auf Privatsphäre ist eine äußerst wichtige Herausforderung und projektindividuell zu klären.

2.2 Auswirkungen der Mitarbeiterzufriedenheit auf die Produktivität

In Abschnitt 1 wurde bereits in der Abbildung 2 dargestellt, dass die Mitarbeiterzufriedenheit eine Auswirkung auf die Produktivität hat. Dieser Zusammenhang wurde in Studien untersucht und bestätigt. Die konkreten Querbezüge lassen sich meist aufgrund der Vielschichtigkeit der Abhängigkeiten nicht auf exakte Prozentwerte konkretisieren, aber eine deutliche Auswirkung kann meist nachgewiesen werden.

Der Einfluss vom Smart Building auf Wohlbefinden und Produktivität von Mitarbeitern im Büro

So wurden bereits im Jahre 2000 in [Clements-Croome&Kaluarachchi 2000] Studien dargestellt, dass die Mitarbeiterzufriedenheit einen Einfluss von bis zu 15 % erreichen kann. In diesem Artikel wird darüber hinaus über eine ausführliche Studie in zwei Gebäuden berichtet. In Summe wurde festgestellt, dass eine gute Arbeitsumgebung zu einem geringeren Krankenstand und einem besseren Produktivitätsniveau führt. Die Ergebnisse zeigen, dass diejenigen Nutzer, die über ein hohes Maß an Unzufriedenheit mit ihrer Arbeit berichten, in der Regel auch die Personen sind, die häufiger unter arbeits- und büroumgebungsbedingten Krankheiten leiden.

In Bezug auf die Querbeziehung von Luftqualität auf Mitarbeiter-Produktivität wurde wie bereits zuvor dargestellt, nachgewiesen, dass eine Leistungssteigerung um 8 % bis 14% bei einer Verdoppelung des Außenluftvolumenstroms erreicht werden kann (siehe Abschnitt 2.1.1).

Gemäß einer Studie der Steelcase Inc., Grand Rapids (USA), und dem Marktforschungsunternehmen Ipsos S.A., Paris, mit mehr als 12.000 Teilnehmern in 17 Ländern ist der Zusammenhang des Mitarbeiterengagements und der Zufriedenheit am Arbeitsplatz eines von 5 wesentlichen Erkenntnissen. Im Detail konnte nachgewiesen werden, dass dieser Zusammenhang besteht und Veränderungen der Arbeitsumgebung als wichtige strategische Maßnahme zur Steigerung des Mitarbeiterengagements eingesetzt werden sollten. Dabei war eine weitere Erkenntnis, dass ein Großteil der Teilnehmer (noch) in Gruppenbüros und nicht in Open-Space-Flächen mit Wechselarbeitsplätzen arbeitet. Der Trend zu letzterem ist unverkennbar und somit drängt sich die Vermutung auf, dass der nutzergerechten Bereitstellung des Arbeitsplatzes eine zunehmende Bedeutung zukommt.

Im „Human Spaces Report“ wird dargestellt, dass ein modernes Gebäude eine Auswirkung von 15 % auf die Mitarbeiterzufriedenheit haben kann. In der weiteren Folge wurde eine Auswirkung von 6 % auf die Produktivität ermittelt [HumanSpaces 2015]. Auch wenn sich dieser Querbezug nicht auf alle Gebäude gleichermaßen übertragen lässt, so unterstreicht dieser Wert zumindest den deutlichen Zusammenhang zwischen Mitarbeiterzufriedenheit und Produktivität.

Ein ähnliches Bild vermittelt eine Studie aus dem Jahr 2002 aus den Niederlanden. Diese unterscheidet in unterschiedliche Einflussgrößen und weist ebenso deutliche Auswirkungen auf die Produktivität bzw. geringere Fehlzeiten nach (Tabelle 1).

	Höhere Produktivität	Reduktion der Fehlzeiten
Gutes Innenausstattung	10 % - 15 %	2,5 %
Keine Luftverschmutzung	3 % - 7 %	1,5 %
Angemessene Luftwechselrate	1 % - 2 %	0,5 %
Anpassbare Raumtemperatur	2 % - 3 %	0,5 %
Angemessene Raumtemperatur	ca. 7 %	Keine Angabe

Tabelle 1: Auswirkungen auf Produktivität und Fehlzeiten (angepasst von [Leijten 2002])

3 Fazit

3.1 Einfluss eines Smart Building auf das Wohlbefinden von Mitarbeitern

Zunächst lässt sich zusammenfassen, dass ein Einfluss des Smart Building auf das Mitarbeiter-Wohlbefinden sowie dessen Produktivität nachweisbar ist. Vieles, was sich auf das Wohlbefinden von

Mitarbeitern auswirkt – wie z.B. Luftqualität, Beleuchtung, thermische Behaglichkeit aber auch moderne Büroumgebung – kann vom Smart Building beeinflusst werden.

Wiederholend wird erwähnt, dass bei wissensbasierten Unternehmen die Personalkosten ca. 90 % der Gesamtkosten ausmachen. Somit kann nachgewiesen werden, dass ein Smart Building nicht nur einen wichtigen Beitrag zum energieeffizienten Betrieb der TGA (technische Gebäudeausrüstung), sondern auch zum ganzheitlichen Unternehmenserfolg leistet.

3.2 Ohne frühzeitige Planung kein Smart Building

„Manche planen, um nicht zu versagen. Andere versagen, weil sie nicht planen.“³

Ein weiteres Fazit ist, dass die Anforderungen frühzeitig eingeplant werden müssen. Die wesentlichen Aspekte, die ein Smart Building hinsichtlich der Mitarbeiterzufriedenheit beeinflussen kann, sind überschaubar und sind schon heute kostengünstig und zuverlässig umzusetzen.

Leider werden Baumaßnahmen oft nach bekannten „Strickmustern“ geplant und umgesetzt. D.h. man greift bei anstehenden Planungen gerne und oft auf Erfahrungswerte und Vorgehensweisen früherer Planungen zurück. Bei solch einer Vorgehensweise ist jede neue Anforderung störend – so einfach diese auch zu berücksichtigen wäre.

Wer als Bauherr, Investor oder Nutzer ein modernes Bürogebäude wünscht, benötigt entsprechend innovationsfreudige Fachplaner. Diese gibt es. Ein wesentliches Kriterium für ein Smart Building ist es somit tatsächlich, einen solchen innovationsfreudigen Fachplaner zu finden und in das Planungsteam zu integrieren.

Wichtig ist auch die ausreichende Planung von Sensoren. Ohne Sensoren fehlen dem Smart Building die Grundlagen zu Erfassung von Ist-Zuständen und somit die Grundlage für Regelungs- und Steuerungsvorgänge bzw. weitergehende Auswertungen.

³ Peter E. Schumacher, Publizist

4 Quellen

[CIB 2018]	CIB Commission W098; Intelligent and Responsive Buildings; 2018
[Clements-Croome 2018]	Clements-Croome D.; Creating the Productive Workplace (3 rd Edition); 2018
[Clements-Croome&Kaluarachchi 2000]	Clements-Croome, D., Kaluarachchi Y.; Assessment and measurement of productivity; 2000
[Clements-Croome&Yang 2018]	Clements-Croome D., Yang T.; CIB Commission W098 - Intelligent and Responsive Buildings Roadmap; 2018
[Dentel&Dietrich 2006]	Dentel, A., Dietrich, U.; Thermische Behaglichkeit – Komfort in Gebäuden; 2006
[Ghaffarianhoseini et al. 2016]	Ghaffarianhoseini A., Berardi U., Al Waer H., Chang S., Halawa E., Ghaffarianhoseini A., Clements-Croome D.; What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international Perspective; 2016
[HumanSpaces 2015]	Human Spaces; The Global Impact of Biophilic Design in the Workplace; 2015
[Jeon&Choi 2012]	Jeon H., & Choi B.; The relationship between employee satisfaction and customer satisfaction (Journal of Services Marketing); 2012
[JLL 2017]	JLL Corporate Solutions; Global Report on „Workplace powered by human experience; 2017
[Kantermann et al 2018]	Kantermann T., Schierz C., Harth V.; Gesicherte arbeitsschutzrelevante Erkenntnisse über die nichtvisuelle Wirkung von Licht auf den Menschen. Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA); 2018
[Leijten 2002]	Leijten J.; Binnenmilieu, productiviteit en ziekteverzuim (The inside environment, productivity and sick leave); 2002
[MacNaughton et al 2018]	MacNaughton P., Cao X., Buacore J., Cedeno-Laurant J., Spengler J., Bernstein A. Allen J.; Energy savings, emission reductions, and health co-benefits of the green building movement; 2018
[Merz et al. 2016]	Merz H., Hansemann T., Hübner C.; Gebäudeautomation (Hanser Verlag); 2016
[Park et al. 2019]	Park J., Loftness V., Aziz A., Wang T.; Critical factors and thresholds for user satisfaction on air quality in office environments; 2019
[Steelcase 2016]	Steelcase Global Report; Mitarbeiterengagement und Arbeitsplätze in aller Welt; 2016
[Wargocki et al 2000]	Wargocki P., Wyon D., Sundell J., Clausen G., Fanger P.; The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, Sick Building Syndrome (SBS) symptoms and productivity.; 2000

Der Einfluss vom Smart Building auf Wohlbefinden und Produktivität von Mitarbeitern im Büro

[Wargocki 2008]	Wargocki P.; Improving indoor air quality improves the performance of office work and schoolwork; 2008
[WGBC 2014]	World Green Building Council; Health, Well-being & Productivity in Offices; 2014
[Wyon 1986]	Wyon, D.P.; The effect of indoor climate on productivity and performance, revised version of a Swedish publication in VVS & Energy; 1986
[Wyon et al. 2001]	Wyon, D.P., Andersen J., Lundquist G.R.; The effect of moderate heat stress on mental performance, Chapter 16 in Indoor Air Quality Handbook; 2001
[Xie et al. 2017]	Xie, H., Clements-Croome, D., & Wang, Q.; Move beyond green building: A focus on healthy, comfortable, sustainable and aesthetical architecture; 2017