

Wohlbefinden durch Tageslicht

Tageslicht als maßgeblicher Faktor für
gesunde Gebäude

Fallstudie: Green Solution House

Diese Publikation entstand im Rahmen
des Active House Symposiums, das
im September 2017 im Green Solution
House auf der dänischen Insel Bornholm
statt fand.

Partner: GXN Innovation, Leapcraft,
VELUX Modular Skylights.
Die Bilder sind Eigentum von VELUX,
oder wie in der Bildunterschrift
angegeben.



Bild: Green Solution House, ein lebendiges Experiment, bei dem Licht, Temperatur und Luftqualität kontinuierlich überwacht und übermittelt werden.

„Ein Experiment ist besser als tausend Expertenmeinungen“

Villum Kann Rasmussen, Gründer der VELUX Gruppe



Anhand von drei verschiedenen Perspektiven – wirtschaftlicher Komfort, gesunde Gebäude und lebensnahe Messungen – wird in dieser Broschüre untersucht, wie Komfort in Gebäuden definiert, integriert, überwacht und optimiert werden kann. Ziel ist es, das menschliche Wohlbefinden und die Umweltverträglichkeit zu verbessern.

Wir hoffen, dass Sie sich von dieser Broschüre inspirieren lassen, ebenso wie von unserem sicheren Glauben an Wohnkomfort, aktive und lebendige Gebäude.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lotte Kragelund'.

Lotte Kragelund, Marketing Director, VELUX Modular Skylights

Wirtschaftlicher Komfort

8-16

Gesunde Gebäude

18-26

Lebensnahe Messungen

28-38

Monitoring eines Active House

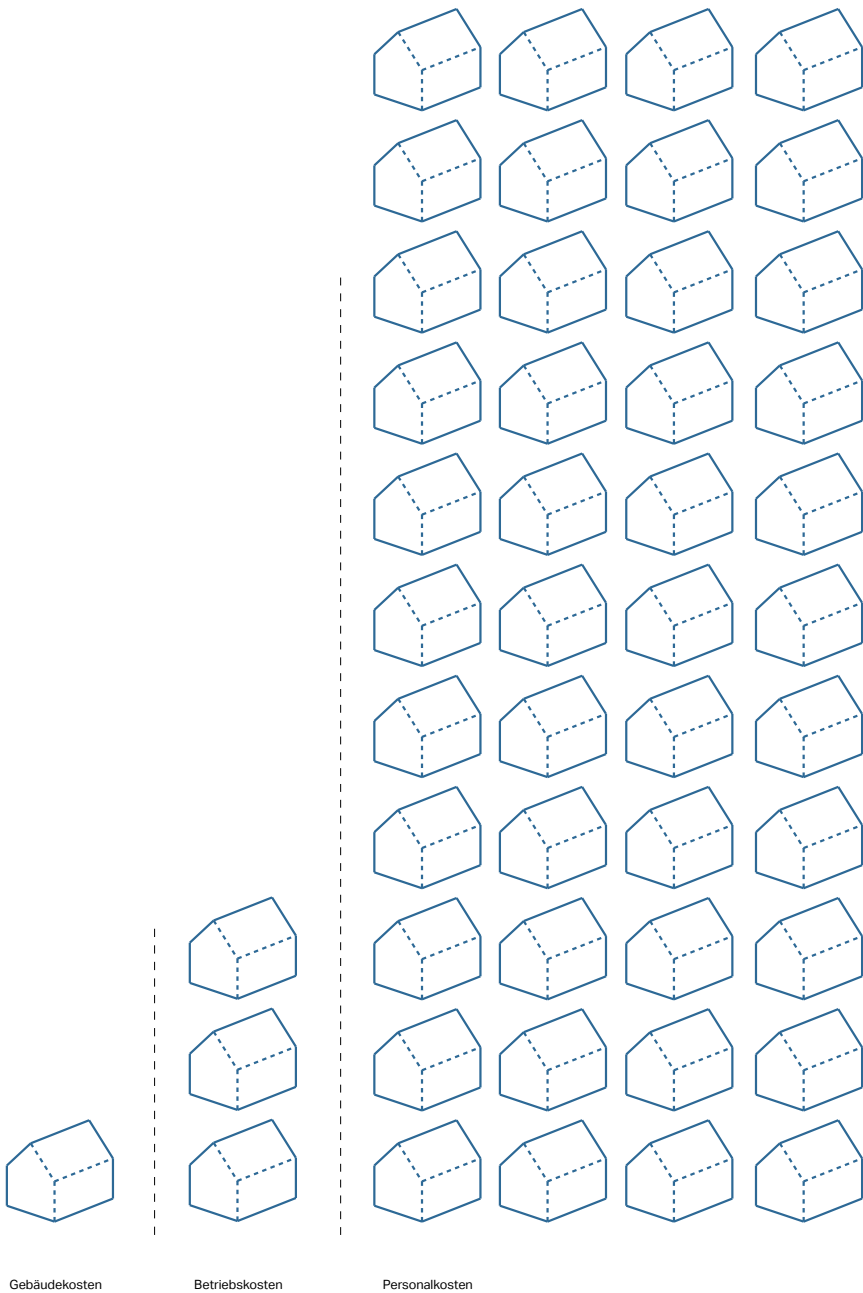
40-46





Wirtschaftlicher Komfort

Die Zukunft des wirtschaftlichen Bauens wird sich auf den Komfort des Menschen konzentrieren



Gesamtkosten über einen Zeitraum von 30 Jahren bezogen auf Gebäude, Betrieb und Personal

Von der Gebäudeleistung zum menschlichen Wohlbefinden

Das Thema Nachhaltigkeit ist ein fixer Bestandteil in der Baubranche. Seit einigen Jahren steht die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs im Mittelpunkt der Diskussion um Nachhaltigkeit. Heute sehen wir einen Wandel hin zu einem ganzheitlicheren Ansatz, bei dem der Fokus erweitert wird – von rein technischen Gebäudelösungen zu Lösungen, die auch das menschliche Wohlbefinden in Gebäuden steigern.

Ein typischer Gebäudeeigentümer wendet 6 % der Gesamtkosten des Gebäudes für Wartung über einen Nutzungszeitraum von 30 Jahren auf. Daher wird häufig eine Kostenreduzierung durch Minimierung des Energie- und Wasserverbrauchs bevorzugt. Während eine solche Reduzierung wichtig ist, um Gebäude zu erhalten, die sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachhaltig sind, gibt es oft sogar noch mehr Einsparungspotenzial in den Kosten zu finden, die den tatsächlichen Nutzern eines Gebäudes – Angestellten, Studenten, Bewohnern usw. – zugeordnet werden können.

Betrachten wir zum Beispiel die typische Kostenverteilung in einem Gebäude, in dem Facharbeiter untergebracht sind: 2 % der Kosten entfallen auf die anfänglichen Baukosten, 6 % auf die Instandhaltung und bis zu 92 % auf die Personalkosten (Gehälter usw.). Diese Zahl wird natürlich von Gebäude zu Gebäude variieren, aber im Allgemeinen übersteigen die Kosten – und die potenziellen Einsparungen – die mit den Menschen in Gebäuden verbunden sind, die Kosten für das Gebäude.

2 %
Gebäudekosten

6 %
Betrieb und
Instandhaltung

92 %
Personalkosten

Über einen Zeitraum von 30 Jahren entfallen 2 % der Gesamtkosten auf die anfänglichen Baukosten, 6 % auf den Betrieb und die Instandhaltung und 92 % auf die Personalkosten. Quelle: Technisches Handbuch für nachhaltiges Bauen, 1996.

Das bedeutet, dass wirtschaftlich attraktive Gebäude solche sind, in denen sich Menschen wohlfühlen. Wenn Menschen sich wohlfühlen, arbeiten sie besser, lernen sie mehr, haben weniger Krankentage und sind produktiver.

Studien haben ergeben, dass Gebäude die Produktivität und Leistung um bis zu 12,5 % verbessern oder sogar um 17 % reduzieren können. Das entspricht einem Unterschied von 30 % zwischen den besten und den schlechtesten Gebäuden.

Deshalb sind wir überzeugt, dass nachhaltige Gebäude der Zukunft nicht nur gut für die Umwelt sein sollen, sondern auch das Wohlbefinden der Menschen fördern.

Gebäude können Produktivität und Leistung um bis zu 12,5 % verbessern oder sie um bis zu 17 % reduzieren. Das entspricht einem Leistungsunterschied von 30 % zwischen den besten und den schlechtesten Gebäuden.

Quelle: Carnegie Mellon
BIDS High Performing



Kinder spielen im Freien an den saisonalen Seen
des Green Solution House. Foto von SLA

Tageslicht, Luft und Mutter Natur

Das Green Solution House ist mehr als nur ein Gebäude. Es ist ein Viertel. Eine Gemeinschaft. Und es repräsentiert eine Insel, die zusammenkommt, um Kreislaufwirtschaft zu erforschen und zu demonstrieren. Es ist ein Konferenzzentrum und Hotel auf der Insel Bornholm, das innovative grüne Lösungen entwickelt. Es ist eine regenerative Architektur, die darauf abzielt, das Konzept der Verschwendung zu beseitigen.

Die Vision des Green Solution House ist es, als Beispiel für die Kreislaufwirtschaft zu dienen, mit drei Zielen: 1) grüne Lösungen zu demonstrieren: 2) kontinuierliche Verbesserung zu fördern und 3) Wissensaustausch zu ermöglichen. Das Design des Gebäudes selbst basiert auf mehreren Parametern, um einen ganzheitlichen Ansatz für Nachhaltigkeit zu zeigen. Das Gebäude wurde nach DGNB-Standard (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) zertifiziert, als Active House dokumentiert und im Cradle to Cradle-Register eingetragen.

Die renovierten Hotelzimmer und das neue Konferenzgebäude fügen sich in den umliegenden Naturpark ein. Saisonale Seen sorgen dafür, dass das gesamte Wasser vor Ort bereitgestellt werden kann und schaffen Lebensraum für lokale Biotope und Arten, die auf der Roten Liste stehen. Raumkomfort ist das zentrale Erlebnis im Green Solution House. Diese Erfahrung ergibt sich aus der allgegenwärtigen natürlichen Umgebung, der sauberen Seeluft und der Fülle an Tageslicht im gesamten Gebäude.

1 kg
Lebens-
mittel

3 Liter
Wasser

15 kg
Luft

Die Luftqualität ist ein vernachlässigter Faktor. Das Gewicht der Luft, die wir täglich einatmen, ist 15 Mal höher als das der Lebensmittel, die wir essen.

Quelle: Cradle to Cradle-Bauanleitung, 2012

Als Teil des Designs wurden verschiedene Kriterien entwickelt, um Materialien auszuwählen, Zertifizierungen und Umweltzeichen, Recyclingfähigkeit, soziale Verantwortung, Nutzung von Ressourcen, Sicherheit von Verbindungen und Energieverbrauch in der Produktion zu priorisieren, um nur einige zu nennen.

Aktive Materialien wie Teppiche, Gipskartonplatten und eine Dachmembran tragen zur Luftreinigung bei. Zahlreiche Fenster, Oberlichter und Lichtkanäle sorgen dafür, dass die Gäste und das Personal in der gesamten Anlage von viel Tageslicht erreicht werden. Lokale Biotope wurden in die Landschaft eingebettet und stärken die heimische Biodiversität. Darüber hinaus werden im Restaurant lokale Produkte serviert.

Kurz gesagt, das Green Solution House ist ein Gebäude, in dem der Aufenthalt durch viel Tageslicht, saubere Luft und direkten Zugang zur Natur verbessert wird.

Der Umsatz des Green Solution House stieg im ersten Jahr nach der Neueröffnung um 20%.

Quelle: Architektur schafft Wert, vom dänischen Verband der Architekturbüros, 2017

Interview

Trine Richter, Director, Green Solution House

Welche Rolle spielt der Komfort für den Menschen im Green Solution House?

Das Green Solution House ist kein gewöhnliches Hotel und Konferenzzentrum. Wir wollten ein besonderes Gebäude bauen, das die Menschen dazu einlädt, hierher zu kommen und zu erleben, wie Nachhaltigkeit sie direkt beeinflusst. Wir wollten etwas Außergewöhnliches schaffen, um die Menschen auf die Insel Bornholm zu locken.

Das Gebäude und die Art, wie wir es betreiben, sollten Alleinstellungsmerkmale sein und Gründe für einen Besuch darstellen. Wir haben eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsstrategie entwickelt, die die Active-House-Grundsätze und einen Cradle-to-Cradle-inspirierten Ansatz für Nachhaltigkeit kombiniert. Das Gebäude wurde von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) zertifiziert.

Warum haben Sie sich für die Grundsätze des Active House entschieden?

Ich mag den Active-House-Ansatz für Nachhaltigkeit. Im Vergleich zu anderen Zertifizierungssystemen betont Active House den Komfort viel schlüssiger. Dies erleichterte die Zusammenarbeit mit dem Architekten und den Ingenieuren, weil darüber nachgedacht wurde, wie die Menschen das Gebäude tatsächlich erleben würden. Und dies wiederum führte zu Gesprächen über Genuss und Wohlbefinden und wie diese Konzepte mit Nachhaltigkeit in Verbindung stehen.

Welche Rolle spielt das Tageslicht dabei?

Beim Green Solution House ist Tageslicht eines unserer Alleinstellungsmerkmale. Wir begrüßen das Tageslicht im Gebäude und in seinem Design und wir können beobachten, dass die Leute, die das Konferenzzentrum nutzen, nach einem ganzen Tag voller Meetings weniger müde sind. Dies bedeutet, dass die Rendite für eine Konferenz hier sehr viel höher ist. Wir wussten von Anfang an, dass wir eine Glaskonstruktion im Dach haben wollten, da wir sowohl Tageslicht als auch integrierte Solarzellen haben wollten.

Sie haben kürzlich mit der Überwachung der Gebäudeleistung in Echtzeit begonnen. Warum?

In Zusammenarbeit mit unseren Partnern Leapcraft, GXN Innovation und VELUX überwachen wir Tageslicht, CO₂-Niveau und andere Parameter in Echtzeit, um die Leistung zu bewerten und Komfort zu verstehen. Wir wollen überwachen, wie das Gebäude tatsächlich funktioniert und dies mit unseren Absichten in der Entwurfsphase vergleichen. Das Green Solution House soll ein Musterstück für nachhaltige Lösungen sein, deshalb sollten wir auch in der Lage sein, zu beobachten, wie die Lösungen tatsächlich für Menschen funktionieren. Wir glauben, dass wir, wenn wir unsere Erfahrungen teilen, dazu beitragen können, neue und bessere Ideen zu entwickeln.



„Ein helles Konferenzzentrum
mit Tageslicht ist unser bestes
Verkaufsargument.“

Trine Richter, Director, Green Solution House





Gesunde Gebäude

Gebäude, die das Wohlbefinden
von Menschen fördern



Das Active House

Der Begriff des menschlichen Komforts und Wohlbefindens in Gebäuden ist komplex und erstreckt sich auf zahlreiche Parameter. Der Active-House-Standard setzt sich aus verschiedenen industriellen Richtlinien zusammen, die es ermöglichen, den Komfort und die Nachhaltigkeit eines Gebäudes durch ein benutzerfreundliches Rahmenwerk zu quantifizieren und zu messen. Dieser Rahmen dient als Hilfsmittel, um den Designern bei der Schaffung von Gebäuden behilflich zu sein, die sowohl komfortabel als auch nachhaltig sind.

Ein Active House ist ein Gebäude, das Energieeffizienz mit besonderer Aufmerksamkeit für die Gesundheit und den Komfort der Nutzer, das Raumklima und die Umwelt verbindet. Active House ist somit eine Vision von Gebäuden, die ihren Bewohnern ein gesünderes und komfortableres Leben ermöglichen und gleichzeitig die Auswirkungen der Gebäude auf die Umwelt minimieren – und uns damit in eine sauberere, gesündere und sicherere Welt führen.

Hauptgrundsätze

Das Active House konzentriert sich auf drei Hauptgrundsätze: Komfort, Energie und Umwelt.

Komfort – schafft ein gesünderes und komfortableres Leben. Ein Active House schafft für seine Bewohner gesündere und komfortablere Innenraumbedingungen und sorgt für eine großzügige Versorgung mit Tageslicht und Frischluft. Die

Gegründet in **2009** als eine **Vision** für nachhaltiges Bauen

Active House Alliance
ist ein **globales Netzwerk**



Entwickelt in **2016** als **Überprüfungssystem** für nachhaltige Gebäude

Ein Active House misst Komfort, Energie und Tageslicht.

verwendeten Materialien wirken sich positiv auf den Komfort und das Raumklima aus.

Energie – leistet einen positiven Beitrag zur Energiebilanz. Ein Active House ist energieeffizient. Die gesamte, für das Green Solution House nötige Energie wird aus erneuerbaren Energiequellen bereitgestellt. Diese sind im Gebäude integriert oder stammen aus dem nahe gelegenen kollektiven Energiesystem und Stromnetz.

Umwelt – wirkt sich positiv auf die Umwelt aus. Ein Active House interagiert positiv mit der Umwelt, und zwar durch eine optimierte Beziehung mit der lokalen Umgebung, den gezielten Einsatz von Ressourcen und seine Umweltauswirkungen während seines gesamten Lebenszyklus.

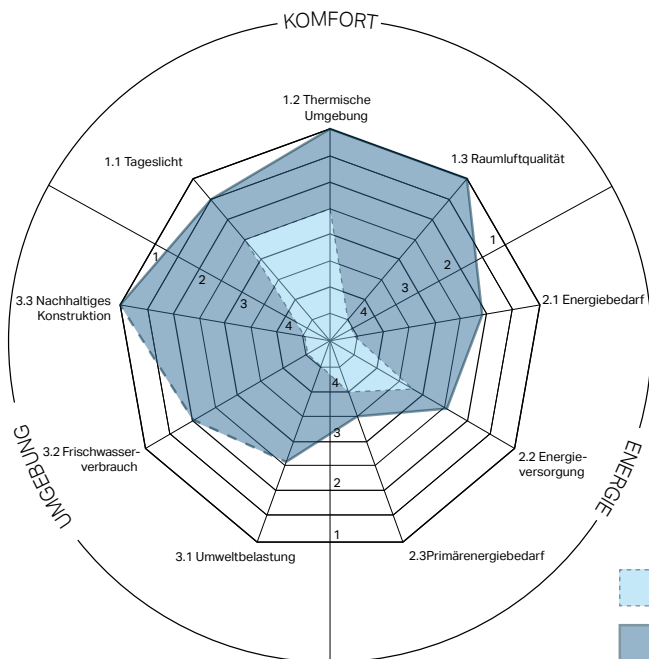
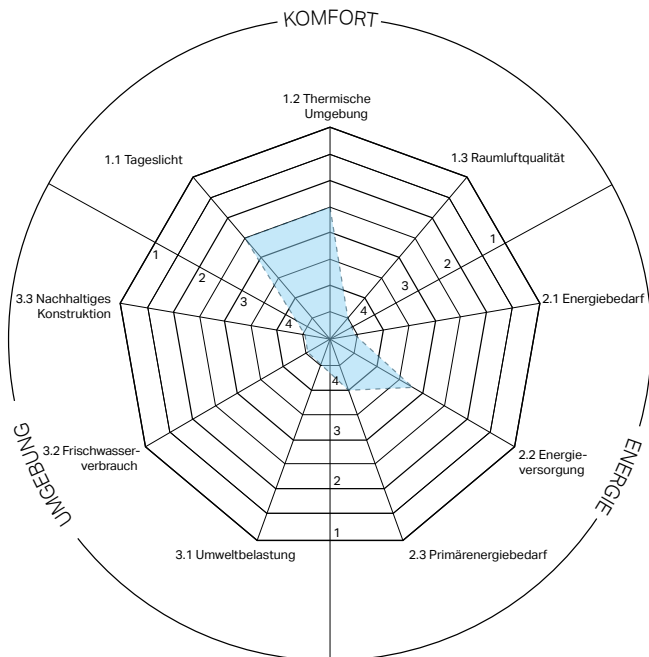
Komfortkriterien

Der besondere Fokus auf Komfort berücksichtigt drei Hauptparameter: Tageslicht, thermische Umgebung und Raumluftqualität.

Gebäude, die mehr geben, als sie brauchen

Active House ist somit eine Vision von Gebäuden, die ihren Bewohnern ein gesünderes und komfortableres Leben ermöglichen und gleichzeitig die Auswirkungen der Gebäude auf die Umwelt minimieren – und uns damit in eine sauberere, gesündere und sicherere Welt führen.

Quelle: Die Active-House-Spezifikationen, 2017



 Active-House-Radardiagramm vor der Renovierung
 Active-House-Radardiagramm nach der Renovierung

Tageslicht: Ein Active House sollte optimale Tageslichtverhältnisse innen und schöne Ausblicke nach außen ermöglichen. Tageslicht hat einen direkten Einfluss auf das Wohlbefinden der Menschen, und elektrische Beleuchtung während des Tages sollte selten notwendig sein. Dies sollte es auch ermöglichen, den Gesamtenergieverbrauch für Beleuchtung zu reduzieren.



90 %

Thermischer Komfort: Eine angenehme thermische Umgebung ist für ein komfortables Gebäude unerlässlich. Thermischer Komfort, sowohl im Sommer als auch im Winter, verbessert die Stimmung, steigert die Leistungsfähigkeit und kann in manchen Fällen Krankheiten vorbeugen und lindern. Ein Active House soll die Überhitzung im Sommer minimieren und die Innentemperatur im Winter ohne unnötigen Energieverbrauch optimieren. Wo immer möglich, sollten einfache, energieeffiziente und leicht zu wartende Lösungen verwendet werden.

50 %



„Wir verbringen 90 % unserer Zeit in Räumen, und 50 % unserer Zeit arbeiten wir.“

Quelle: Healthy Homes Barometer, 2017.

Raumluftqualität: Gute Raumluftqualität hat einen wichtigen Einfluss auf die Gesundheit der Bewohner eines Gebäudes. Gute Raumluftqualität kann Problemen wie Schleimhautreizungen, Asthma und Allergien vorbeugen und zur Prävention einiger Herz-Kreislauf-Erkrankungen beitragen. Außerdem hilft sie, schlechte Gerüche zu vermeiden, die das allgemeine Wohlbefinden beeinträchtigen können. Ein Active House soll eine gute Luftqualität für die Bewohner bieten und gleichzeitig den Energieverbrauch (für die Belüftung) so gering wie möglich halten. Dies bedeutet, dass nach Möglichkeit natürliche Lüftungs- oder Hybridsysteme (Kombination von natürlicher und mechanischer Lüftung) verwendet werden sollten, da diese die beste Energieleistung bieten.

eine Active-House-Kennzeichnung bewertet wird. Es zeigt Leistungsniveaus für jeden der drei Hauptgrundsätze. Der Radar kann beim Entwurf eines Active House verwendet werden, aber auch, um die tatsächliche Leistung des fertiggestellten Gebäudes zu zeigen.

Es zeigt die Zielsetzung für jeden der drei Hauptgrundsätze – Komfort, Energie und Umwelt – und kann auch zeigen, wie „aktiv“ die tatsächliche Leistung des Gebäudes ist. Für jeden der quantitativen Parameter weist das Spinnennetzdiagramm einen Wert von 1 bis 4 aus, wobei 1 die höchste und 4 die niedrigste Stufe ist.

Der Active-House-Radar

Dies ist ein grafisches Tool, das verwendet wird, wenn ein Gebäude für

Gegenüber sehen Sie zwei Active-House-Radar-Grafiken, die die Leistung des Green Solution House vor und nach seiner Renovierung veranschaulichen. Der Radar zeigt deutliche Verbesserungen, wenn es um nachhaltige Leistung geht. Sowohl die Umwelt- als auch die Energiekriterien haben sich deutlich verbessert, während der Komfortparameter beeindruckende Tageslichtniveaus sowie ideale Werte für die Wärme- und Raumluftqualität aufweist.

Interview

Kasper Guldager, Architekt des Green Solution House

Erzählen Sie uns über das Design des Green Solution House.

Der Kunde wollte eine klare Vision und Strategie für das Green Solution House, die das Design sowohl anspruchsvoll als auch lohnend machten. Anspruchsvoll, weil wir im Hinblick auf eine nachhaltige Architektur wirklich die Grenze überschreiten mussten, um eine Reihe bisher nicht gesehener Lösungen zu finden. Lohnend, denn das fertige Gebäude ist wirklich etwas Besonderes. Ich bin sehr glücklich darüber, dass Nachhaltigkeit beim Green Solution House kein abstraktes oder technisches Problem mehr ist, sondern etwas, das Sie selbst erleben können.

Wie haben Sie das in den Designphasen sichergestellt?

Von Anfang an haben wir hart daran gearbeitet, die Bedeutung und Erfahrung nachhaltiger Architektur neu zu definieren. Wir haben neue Strategien für interaktives Raumklima, intelligente Materialien und Kreislaufwirtschaft entwickelt. Dies beinhaltete die Bewertung von Materialien und, wo immer möglich, die Verwendung von lokal bezogenen und wiederverwerteten Materialien, aber auch die Verwendung der Active-House-Grundsätze als Parameter für das Design. Dies ermöglichte es uns, hohe Leistung bei Komfort und Energieeffizienz mit geringen Auswirkungen auf die Umwelt zu kombinieren.

Welche Rolle spielt Komfort in nachhaltiger Architektur?

Das Green Solution House verfolgt einen menschenzentrierten Ansatz für Nachhaltigkeit. Tageslicht ist ein Beispiel dafür. Die Tageslichtbedingungen in den Konferenzräumen, Räumen und Fluren machen einen großen Unterschied in der Art, wie Menschen das Gebäude wahrnehmen. Wir haben versucht, das Gebäude zu öffnen. Wir haben Oberlichter in Räumen und Fluren installiert und Balustraden aus Beton durch Verglasungen ersetzt. Wir wollten die Transparenz erhöhen, damit sich das natürliche Licht während des Tages und der verschiedenen Jahreszeiten ändert und zu einem integralen Bestandteil der Erfahrung im Gebäude wird.

Welche Rolle spielen Ihrer Meinung nach Daten für die nachhaltige Architektur?

Daten verändern unsere Beziehung zu Gebäuden und ermöglichen es uns, unsere Zusammenarbeit mit Kunden zu vertiefen. Wir können gemeinsam von Gebäuden lernen – nicht nur während des Baus, sondern auch während des Betriebs – und unser Design und unsere Strategien entsprechend aktualisieren. Die Echtzeitüberwachung verbindet die Gebäudeleistung direkt mit dem menschlichen Komfort. Daten können den Wert sichtbar machen, was sowohl den Eigentümern als auch den Bewohnern zugute kommt. Dieses Wissen zu verbessern, ist eines der Kernziele von Green Solution House. Wir sind stolz darauf, dass wir heute daran arbeiten.



„Green Solution House soll die Sinne anregen und den Komfort von Gästen und Mitarbeitern erhöhen.“

Kasper Guldager, Senior Partner 3XN, Director GXN

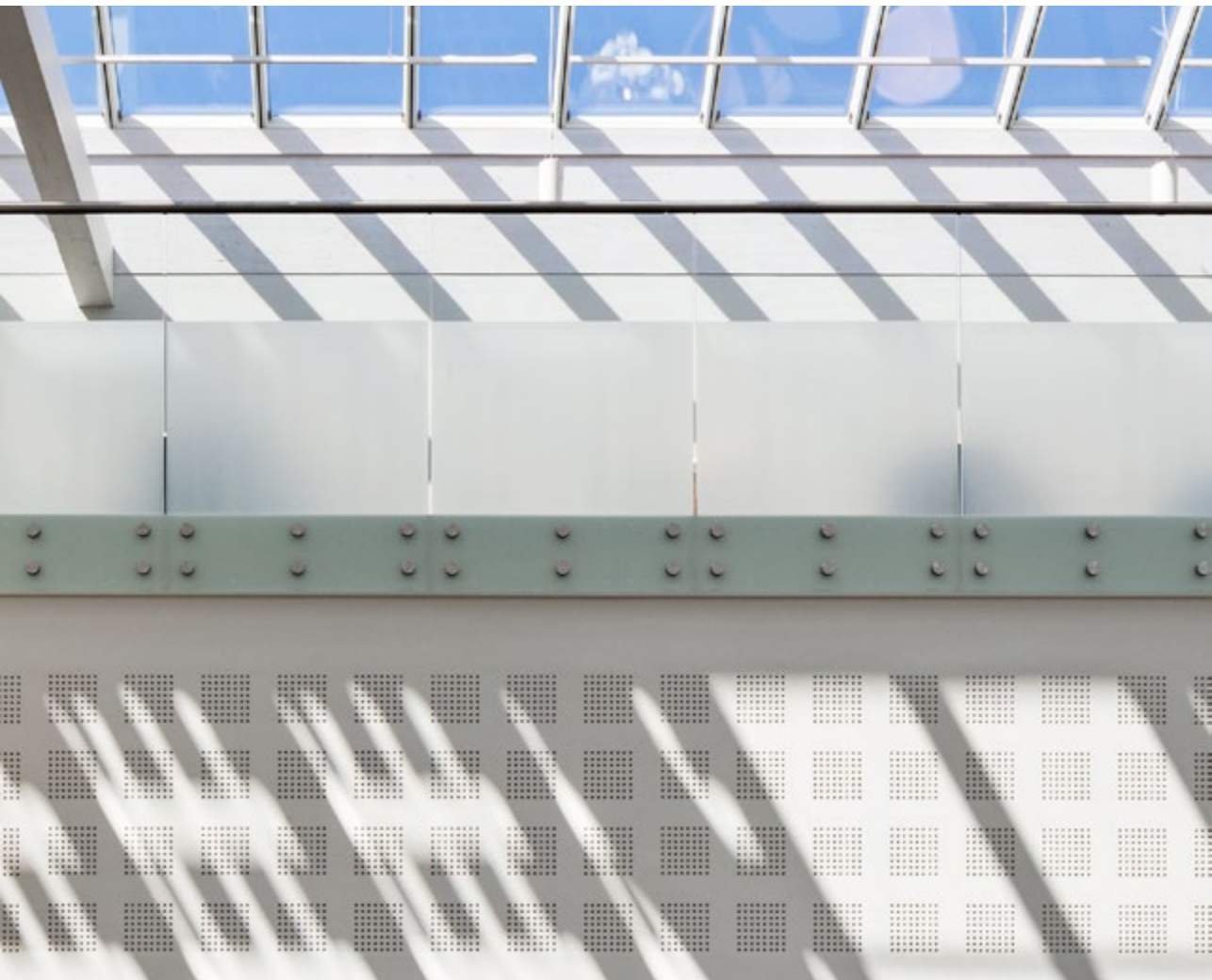




Lebensnahe Messungen

Live-Informationen zu
Komfortparametern

Spiel aus Tageslicht und Schatten im zentralen Foyer
des Green Solution House



Gebäude als lebenslange Beziehungen

Gebäude sind dynamische Einheiten, die ständig vom Verhalten ihrer Nutzer beeinflusst werden. Das eine ist, wie Gebäude vor dem Bau entworfen und beschrieben werden; das andere ist die tatsächliche Leistung während des Betriebs. Es besteht heute eine zunehmende Nachfrage nach der Erfassung und Dokumentation der Auswirkungen von genutzten Gebäuden, insbesondere in Bezug auf Komfort und Raumklima.

Heute erfolgt die Überwachung, Abstimmung und Kalibrierung von technischen Gebäudesystemen während der Inbetriebnahme. Dies betrifft häufig vor allem die Versorgungsparameter eines Gebäudes wie Energieverbrauch oder Wassermanagement. Die Parameter, die physiologische oder psychologische Auswirkungen auf die Nutzer eines Gebäudes haben, werden während der Nutzung oft nicht dokumentiert oder verbessert.

In Geschäftsgebäuden, in denen die Leistung der Mitarbeiter ein wichtiger Wirtschaftsfaktor ist, werden Wohlbefinden und Komfort zu einem wesentlichen Bestandteil dessen, was Architektur leisten sollte. Es besteht also die Tendenz, dass Gebäude als lebenslange Beziehungen zu Mietern oder Bauherren wahrgenommen werden und zu Komfort als Service, den die Architektur erbringen muss.

Ein lebendes Experiment

Das Green Solution House ist ein lebendiges und kontinuierliches

Gebäude als Produkt

schlüsselfertiger Vertrag



geschätzte Leistung

Gebäude als Service

tatsächliche Leistung



lebenslange Beziehung

Experiment. Daher ist das Green Solution House sowohl ein Prozess als auch ein Gebäude. Hier werden grüne Lösungen getestet, demonstriert und kontinuierlich weiterentwickelt. Die Überzeugung ist, dass dieser iterative Prozess Verständnis schafft und zu Innovation führt.

Das durch Experimente gewonnene Wissen wird mit den lokalen und globalen Gemeinschaften ausgetauscht, um eine nachhaltige Zukunft zu inspirieren.

Im Rahmen dieser Bemühungen wird die Leistung des Green Solution House überwacht, um Erkenntnisse zur kontinuierlichen Verbesserung zu liefern. So werden dynamische Daten und digitale Technologie genutzt, um über die tägliche Leistung des Gebäudes zu informieren.

Nachverfolgung des Komforts im Green Solution House

An ausgewählten strategischen Punkten wurden Sensoren zur Live-Überwachung verschiedener Parameter installiert, die sich auf

Bei der Inbetriebnahme wird sichergestellt, dass alle Systeme und Komponenten eines Gebäudes gemäß den Spezifikationen und Anforderungen des Bauherrn entworfen, installiert, getestet, betrieben und gewartet wurden.

Quelle: Whole Building Design Guide, wbdg.org



Dashboard mit Live-Daten des Green Solution House

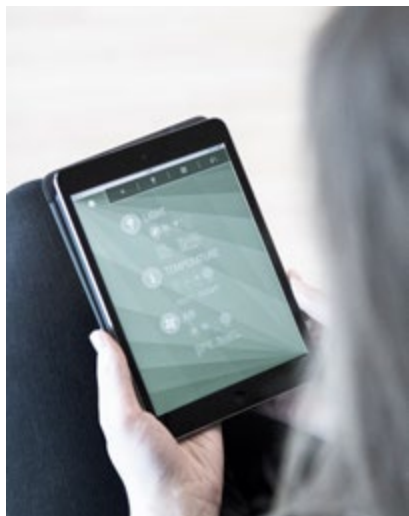
den Raumkomfort auswirken. Die Sensoren liefern wertvolle Einblicke in die Qualität des Innenraums durch die Überwachung von CO₂, Feuchtigkeit, Tageslicht, thermischem Komfort und Akustik.

Durch die Integration von Live-Monitoring- und Smart-Building-Technologien ist es möglich, Informationen zur Gebäudeleistung in Echtzeit zu erfassen. Für Nutzer und Facility Manager bietet dies die Möglichkeit, Leistung und Komfort während der Belegung und des Betriebs des Gebäudes zu verbessern.

Messparameter

Beim Green Solution House werden zahlreiche Parameter überwacht:

CO₂ ist ein farb- und geruchloses Gas. Es kommt natürlich in der Atmosphäre der Erde vor, aber es wird auch durch menschliche Aktivität erzeugt, wenn wir atmen oder wenn wir zum Beispiel Kerzen abbrennen.



CO₂
gemessen
in ppm

Feuchtigkeit

gemessen in %

Tageslicht

gemessen in LUX

Temperatur
gemessen in Grad

Akustik
gemessen in dB

Wie der Komfort im Green Solution House überwacht wird.

Quelle: Leapcraft 2017

Die Messungen erfolgen in ppm (Teile pro Million – die Anzahl der CO₂-Moleküle pro Million Luftmoleküle). Ein normales CO₂-Niveau (im Freien) beträgt etwa 300 bis 400 ppm, und die Raumniveaus sollten vorzugsweise unter 1.000 ppm liegen. Wenn viele Leute in einem Raum versammelt sind, steigen die CO₂-Pegel schnell an, was zu Symptomen wie Kopfschmerzen führen kann. Die Lösung besteht darin, entweder natürlich oder durch mechanische Lüftung zu belüften.

Feuchtigkeit wird als Prozentsatz (%) der relativen Feuchtigkeit (RH) gemessen und beschreibt die Menge an Wasserdampf in der Luft bei einer bestimmten Temperatur.

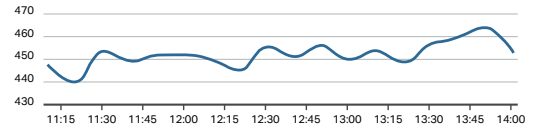
Raumluft kann bis zu fünfmal mehr verschmutzt sein als Außenluft.

Quelle: United States Environmental Protection Agency



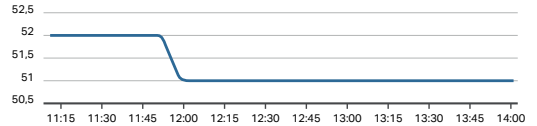
Kohlendioxid

452
PPM



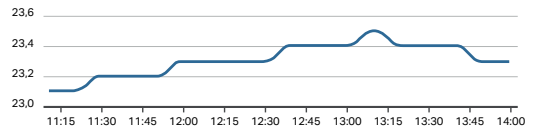
Feuchtigkeit

51
%



Temperatur

23,3
°C



Grafische Darstellungen der Live-Überwachungsdaten aus dem Green Solution House

Die Luftfeuchtigkeit in einem Gebäude sollte im Winter 40 bis 45 % und im Sommer 60 bis 65 % betragen. Wenn diese Werte höher sind, ist es wahrscheinlicher, dass Menschen Kopfweg bekommen oder Allergien entwickeln. Und am Gebäude werden eher Schimmel- oder Feuchtigkeitsschäden entstehen, die sehr kostspielig sein können. Wie CO₂ kann die Luftfeuchtigkeit durch natürliche oder mechanische Lüftung auf ein gesundes Niveau abgesenkt werden.

Tageslicht wirkt sich sehr positiv auf das Wohlbefinden aus. Wenn Sie genug Tageslicht bekommen, stärkt dies Ihre Konzentrationsfähigkeit, Sie schlafen besser und Sie leiden weniger unter Depressionen. Tageslicht wird in LUX gemessen (die Anzahl von Lumen pro m²). An einem typischen wolkigen Tag hat man ungefähr 1.000 LUX, bei hellem Tageslicht wird das Niveau bei 10.000 bis 25.000 LUX liegen. Thermischer Komfort ist auch

von großer Bedeutung für das menschliche Wohlbefinden. Er wird in Grad gemessen und sollte idealerweise zwischen 20 °C und 22 °C konstant liegen, ohne Zugluft. Die Herausforderung besteht darin, im Sommer eine Überhitzung zu vermeiden und im Winter nicht zu kalt zu werden.

Akustische Pegel werden in Dezibel (dB) gemessen. Angemessene Pegel sind wichtig für die Konzentrationsfähigkeit. Das normale Niveau in einem Büro liegt zwischen 65 und 70 dB. Wenn das Niveau für längere Zeit höher ist, kann es negative Auswirkungen auf Ihr allgemeines Wohlbefinden haben.

Die Live-Überwachung der Räume von Gebäuden ermöglicht es uns, die Gesamtleistung des Gebäudes und damit den Komfort und das Wohlbefinden seiner Bewohner zu bewerten und anschließend zu verbessern.

Tageslicht ist wichtig für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Es ist ein wichtiger Faktor, der beim Entwurf von Gebäuden und bei der Gestaltung unserer Städte, Büros und Wohnungen berücksichtigt werden muss. Tageslicht hilft, unseren zirkadianen 24-Stunden-Rhythmus auszugleichen und ist für unsere allgemeine Gesundheit und unser Wohlbefinden entscheidend.

Quelle: VELUX Modular Skylight, 2017

Interview

Vinay Venkatraman, CEO bei Leapcraft sowie Internet of Things and Data Specialist bei Green Solution House.

Erzählen Sie uns über Ihre Zusammenarbeit mit VELUX und Green Solution House.

Leapcraft ist auf Sensoren für die Baubranche und Cloud-Lösungen für die Datenanalyse spezialisiert. Für das Green Solution House haben wir verschiedene Sensoren eingesetzt, die Daten zu Raumklima, Wärmeleistung, Lichtverhältnissen, Energiebedarf und -versorgung sowie Wasserverbrauch und zahlreichen anderen Werten, die wir im Gebäude erfassen, liefern.

Warum ist das wichtig?

Wir haben mit VELUX eine sehr interessante Diskussion darüber geführt, wie man Gebäudedaten so verankern kann, dass positive Verhaltensänderungen in der Baubranche stattfinden. Wir haben uns frühzeitig auf die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Bewertung der Gebäudeleistung geeinigt. Green Solution House hat Nachhaltigkeitswerte in seine Kern-DNA eingebaut. Daher stellte sich die Frage, wie dies verstärkt werden kann und gleichzeitig verschiedene Produkte und Dienstleistungen interagieren können.

Wo sehen Sie den Wert von Daten für die Baubranche?

Echtzeit-Gebäudedaten ermöglichen eine differenzierte Herangehensweise an die Gebäudeverwaltung und -leistung. Sie ermöglichen auch die Mustererkennung im Laufe der Zeit. Durch die Analyse historischer Daten können wir nach Mustern suchen, die die Leistungsfähigkeit des Gebäudes

beeinflussen. Dies kann sehr gut dazu beitragen, bessere Lösungen für das Raumklima und die Energieeffizienz zu entwickeln und gleichzeitig das Wohlbefinden der Nutzer zu verbessern.

Wie werden sich Überwachung und Daten in Zukunft auf die Baubranche auswirken?

Dieser Markt wird exponentiell wachsen. Fast jeder Anbieter von Produkten und Dienstleistungen wird in Zukunft auf die eine oder andere Weise Daten verarbeiten müssen. Die Technologie für die Entwicklung von Gebäudesensoren wird immer günstiger und effektiver, ebenso wie die Technologie zur Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen. Dies ermöglicht sowohl großen als auch kleinen Akteuren den Zugriff auf diese Technologien.

Was interessant wird, ist die Skalierbarkeit. Sie können sehr schnell von einem Prototyp zu einem exponentiellen Service wechseln, was die Marktdynamik verändern wird. Die große Frage wird sein, was Sie mit diesen Daten tun, um den Nutzern eines Gebäudes Bedeutung und signifikanten Wert zu geben. Dies wird durch Sozialwissenschaften, Interaktionsdesign, Technologieentwicklung und Architektur vorangetrieben, woraus sich neue Arten von Lösungen ergeben, wie sie bisher nicht bekannt waren.



„Unser Ziel ist es, das Wohlbefinden der Menschen zu verbessern, indem wir die Menschen mit Daten versorgen und Gebäude in Echtzeit quantifizieren.“

Vinay Venkatraman, CEO Leapcraft





Monitoring eines Active House

Fallstudie:
Green Solution House,
Bornholm

4
Variablen
wurden gemessen: CO₂,
Lärm, Feuchtigkeit und
Temperatur.

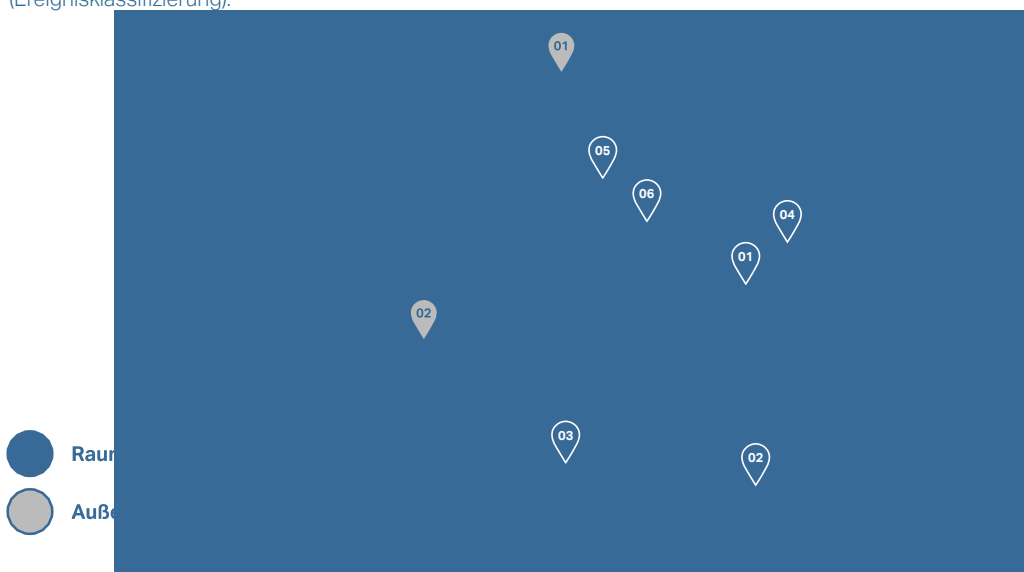
98
Prozent
der Zeit waren
Sensoren aktiv
(2 % aufgrund
eines verlorenen
WLAN-Signals).

2 Räume
wurden mit Sensoren
ausgestattet; Foyer und
Konferenzhalle.

13 Sensoren
wurden insgesamt
installiert.

Die Leistung eines Active House messen

Der Active-House-Rahmen bietet eine Möglichkeit – und eine Methode –, die Leistung eines Gebäudes zu verfolgen, und zwar nicht nur in Bezug auf Energieeffizienz, sondern auch hinsichtlich Komfort und Umweltauswirkungen. Das Green Solution House wurde überwacht, um eine Reihe von Parametern zu messen. Diese Daten wurden dann in zwei Teile aufgeteilt: Gebäudeleistung und Belegungserkennung (Ereignisklassifizierung).



Das Experiment erforderte 13 Sensoren, die im Green Solution House installiert werden mussten.



Foyer

Das Foyer im Green Solution House ist ein gut beleuchteter Raum und die erste Anlaufstelle für Besucher der Hotelunterkunft und des Konferenzzentrums. In jedem Bereich wurden Umweltfaktoren gemessen, um seine Leistung mit den im Rahmen des Active House definierten Parametern zu vergleichen. Außerdem war es wichtig, eine Grundlage für die Messung bei Belegung zu schaffen und damit ein Nutzungsmuster einzurichten.

Leistung

Die Temperatur im Foyer nimmt langsam ab, da der Herbst dem Winter Platz macht und die Außentemperatur sinkt. Trotzdem bleibt die Temperatur im Foyer innerhalb des optimalen Wertebereichs (Klasse 4), der sich nach den Grundsätzen des Active House richtet.

Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten wurden schwankende Geräuschpegel erwartet. Der absolute Lärmpegel war zwischen 1 Uhr und 6:30 Uhr morgens niedrig, stieg aber mit Beginn des Arbeitstages rasch an und stieg über die Schwelle von 40 dB. Ein hoher Lärmpegel wird bestimmten Ereignissen im Raum zugeschrieben.

Das Foyer wird periodisch über Fassaden- und Dachöffnungen belüftet, sodass fluktuierende relative CO₂-Niveaus erwartet wurden. Frischluft, die durch die Tür hereinkommt, bringt die Werte näher an den CO₂-Gehalt im Freien heran. Das Fehlen abnormaler Anstiege der CO₂-Niveaus deutet darauf hin, dass ein gründlicher Luftaustausch stattfindet.



Ereignisklassifizierung

Ereignisse mit hoher Belegung wurden identifiziert, indem die von den Sensoren gemessenen Parametern zusammen mit bereits vorhandenen Informationen über den Raum verwendet wurden. Aufgrund dieser Messungen unterscheiden sich die Belegungs- und Anwesenheitsmuster im Laufe des Tages.

Parameter: Lärm wurde zum wichtigsten Parameter für die Belegung. Werte haben häufig den Schwellenwert der Vorbedingung überschritten, was bedeutet, dass Ereignisse für eine große Anzahl von Tagen klassifiziert wurden.

Benutzungsmuster: Das Foyer erhielt den ganzen Tag über sehr viel Verkehr in einem ziemlich zufälligen Muster. Darüber hinaus fungiert das Foyer als Drehscheibe für andere Aktivitäten.

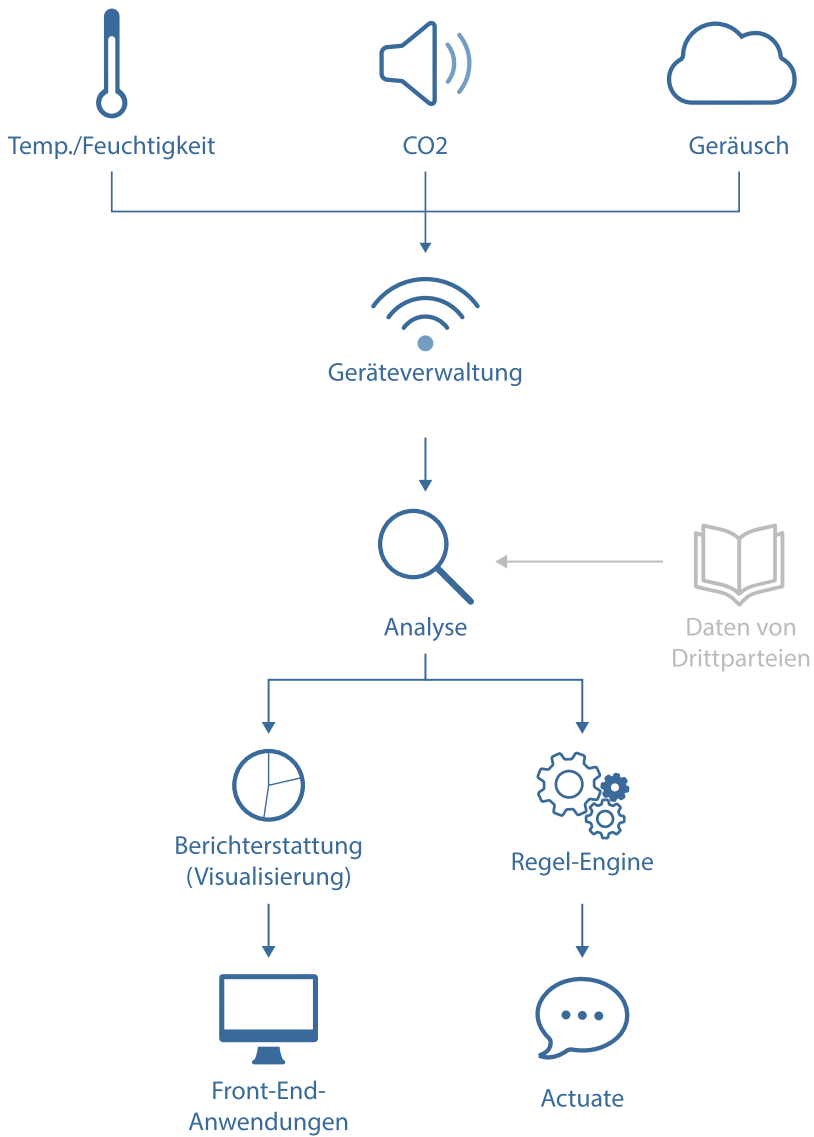
Ergebnis: Die erfassten Daten waren nützlich, um festzustellen, wann die Nutzung stattfand. Die Bewertung der Geräuschvariablen muss zuverlässiger werden und unter Berücksichtigung der Art der Belegung verfeinert werden.

Datenvariabilität erklärt:

„Die Geräte senden Daten nur dann, wenn von einem der verfügbaren Sensoren eine erhebliche Änderung registriert wird.“

– AmbiNode

Quelle: Leapcraft 2017



Datenarchitektur. Verschiedene Parameter werden von Sensoren erfasst, analysiert und durch verschiedene Methoden visualisiert, um die Daten zu verstehen.



Konferenzsaal

Der Konferenzsaal ist ebenfalls überwiegend mit Tageslicht beleuchtet, unterscheidet sich aber räumlich vom Foyer. Er wird vielfältig genutzt, vor allem bei Firmenveranstaltungen, deshalb sind Zeiten intensiver Nutzung und Zeiten geringer Nutzung zu beobachten. Identische Faktoren wie die im Foyer gemessenen wurden überwacht, um die Gebäudeleistung zu quantifizieren und um Belegung und Nutzungsmuster zu identifizieren.



Leistung

Da die Konferenzhalle nicht ständig zugänglich ist, haben die Auswirkungen externer Aktionen eine geringere Bedeutung. Während des Messzeitraums waren die Tagestemperaturen stabil bei 24 °C, aber unter Berücksichtigung der Außenwerte erfüllt der Raum hauptsächlich die Klassen 2 und 3, mit gelegentlichen Einbrüchen in Klasse-1-Leistung.

Der Konferenzsaal ist kein Standardbereich in Bezug auf die Nutzung. Obwohl sichtbar, erwies es sich als schwierig, kontinuierliche Muster zu identifizieren. Verschiedene Tage weisen unterschiedliche Lärmpegelunterschiede auf, dies liefert zusätzliche Informationen, die zum Klassifizieren von Ereignissen verwendet werden können.

Der Konferenzsaal weist eine stabile CO₂-Konzentration während des Messzeitraums auf, wahrscheinlich aufgrund der geringeren Anzahl von stattfindenden Luftaustauschvorgängen. Es gibt einige Fälle, in denen der relative Wert etwa 400 ppm erreicht, was auf die Belegung des Raums hinweisen würde.

Ereignisklassifizierung

Parameter: der prognostizierte Parameter (CO₂) konnte keine ausreichende Auflösung bieten, um aussagekräftig zu sein. Daher wurden Geräuschpegel oberhalb einer Basislinie von 35 dB als Schwelle zur Klassifizierung eines Ereignisses herangezogen. Ein manuell protokollierter Datensatz wurde ebenfalls als Richtwert verwendet.

Nutzungsmuster: Die Konferenzhalle erlebt eine Belegung in einem blockweisen Muster. Die Belegung steigt zu Beginn eines Ereignisses schnell an, stagniert mit geringfügigen Änderungen während des Ereignisses und löst sich dann langsam gegen Ende auf.

Ergebnis: Trotz der Gefahr von falsch-positiven Werten liefern die Lärmwerte – zusammen mit einem von der Einrichtung zur Verfügung gestellten manuell protokollierten Datensatz – ausreichende Informationen für die Klassifizierung eines Ereignisses. Ein beschrifteter Datensatz würde sicherlich eine umfassendere Kategorisierung von Ereignissen in der Konferenzhalle bieten, aber sein Fehlen behindert den gesamten Identifikationsprozess nicht.

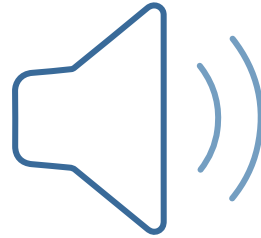
Warum die Belegung messen?

Die Möglichkeit, Ereignisse in der Konferenzhalle zu klassifizieren, liefert wertvolle Informationen über die Nutzung des Raums.

Quelle: Leapcraft, 2017



Vorläufige Wirkungsvariablen für in Betrieb befindliche mechanische Lüftungsanlagen wurden visualisiert, mit **begrenzten Korrelationen** zum tatsächlichen Lüftungsbetrieb.



Die erfassten Geräuschdaten dienten als **starker Indikator** für die Belegung.



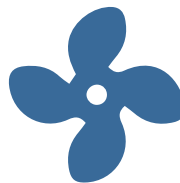
Die wichtigsten Ergebnisse liefern ein **starkes Fundament** aus dem eine gründliche Analyse basierend auf dem Datensatz durchgeführt werden kann.



Der Active-House-Konzept könnte **von Optimierungen profitieren**, die die Vorteile einer Live-Daten-fähigen Einrichtung nutzen.



Die CO₂-Variation in den Räumen ist auf **vorhersehbar Weise aufgetreten**.



Änderungen in Temperatur und Feuchtigkeit haben sich als **übereinstimmend** mit den Active-House-Grundsätzen erwiesen.

Das Experiment lieferte die oben beschriebenen Schlüsselergebnisse.

Fazit

Die kontrollierte Überwachung der Umgebungsparameter beim Green Solution House über einen bestimmten Zeitraum hinweg zeigte eine enge Beziehung zwischen der Leistung des bebauten Raums und den zugrunde liegenden Grundsätzen. Diese longitudinalen Daten waren entscheidend für die Leistung in den verschiedenen Jahreszeiten – insbesondere im Winter, wenn die Gebäudeleistung unter Stress gerät.

Nichtsdestotrotz würden die gemessenen Parameter eine höhere Auflösung und mehr Klarheit erfordern, um detaillierte Trends innerhalb der Studie zu identifizieren. Einige der aufgetretenen Probleme waren auf Artefakte zurückzuführen, die von der Hardware verursacht wurden, und die nach Abschluss der Studie verarbeitet werden mussten. Trotz des Auflösungsproblems sind die Parameter für CO₂ und Lärm zwar nicht perfekte, aber ganz gute Indikatoren der Belegung.

Eine weitere Datengenerierung über die verschiedenen Jahreszeiten hinweg würde mehr Erkenntnisse liefern, da Veränderungen des Verhaltens der Menschen und der Wetterbedingungen im Freien das Raumklima beeinflussen.

Insgesamt lieferte dieses Experiment eine gute Basis und die notwendigen Erkenntnisse, um in Zukunft einen stärkeren Testfall zu entwickeln. Es bietet auch angemessene empirische Daten, um mit der Studie das Active-House-Konzept zu unterstützen. Dies ist ein spannender Zeitpunkt, an dem verschiedene Interessengruppen die Möglichkeit haben, sich dem Active-House-Netzwerk anzuschließen und sich im Laufe der Zeit an seine Ziele zu halten.

Eine detailliertere Analyse des Experiments finden Sie unter **Active House Live: Quantifizierung eines Active House** (Leapcraft, Januar 2018)