

Klimadecken mit GRAPHIT erhöhen nachweislich die Leistung

Vergleich in dynamischer Gebäudesimulation

Dipl.-Ing. (FH) Matthieu Neth



Dank ihrer guten thermischen Leitfähigkeit machen Graphit-Leichtbauplatten Klimadecken besonders leistungsfähig, wie eine bereits vor Kurzem durchgeführte dynamische Gebäudesimulation belegt, die den Kühlfall untersucht: Graphit-Leichtbauplatten erhöhen die spezifische Kühlleistung, erlauben niedrigere Flächenbelegungen und verringern den Energieaufwand für die Kälteerzeugung. Büro- und Gewerbegebäude werden heute ganzjährig und meist mit einem Flächentemperiersystem temperiert. Weit verbreitet sind industriell vorgefertigte Klimadeckensysteme, die im Winter heizen und im Sommer kühlen. Anders als herkömmliche, rein luftgeführte Klimaanlage nutzen Klimadecken Wasser als Wärmeträger, temperieren den Raum vorwiegend durch Abgabe oder Aufnahme von Infrarotstrahlung und arbeiten geräuschlos und nahezu ohne Luftbewegung.

Abb. 1: Metallrastdecken sind ein zentrales Element der architektonischen Raumgestaltung.

Sie zeichnen sich im Vergleich zu luftbasierten Systemen durch einen erheblich geringeren Platzbedarf aus und bewirken eine große thermische Behaglichkeit. Generell erreichen Klimadecken eine höhere Energieeffizienz als rein luftgeführte Klimaanlage. Wie leistungsfähig und energieeffizient jedoch eine Klimadecke im Einzelfall ist, hängt von ihrer Konstruktion und den verbauten Werkstoffen ab.

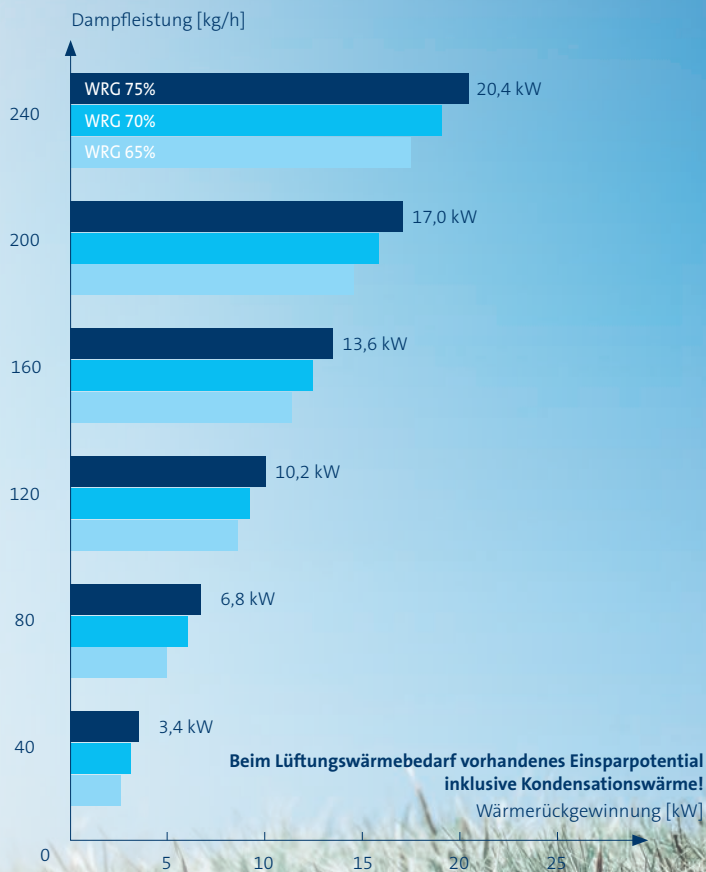
BESSERE WÄRMEVERTEILUNG DURCH GRAPHITWERKSTOFFE

Letztlich entscheidet der Wärmetransport innerhalb des gesamten Klimadeckensystems – also in den aktiven Ele-

menten sowie in der Beplankung oder in den Kassettenabdeckungen – über die spezifische Leistung der Klimadecke. Günstig wirkt sich aus, wenn sich an der raumseitigen Oberfläche der Deckenelemente innerhalb möglichst kurzer Zeit eine homogene Oberflächentemperatur einstellt. Im Kühlfall soll die aus dem Raum aufgenommene Wärme möglichst schnell und vollständig von der raumzugewandten Deckenoberfläche in das Temperierwasser übergehen; im Heizfall soll der Wärmetransport möglichst ungehindert in umgekehrter Richtung erfolgen, also vom Wasser in den Innenraum. Gewöhnliche mineralische Baustoffe begrenzen infolge ihrer niedrigen Wär-

meleitfähigkeit die spezifische Leistung des Klimadeckensystems. Aus diesem Grund können etwa Standard-Gipskartonplatten nur begrenzt zur Beplankung der aktiven Heiz- und Kühlelemente einer Klimadecke verwendet werden.

In herkömmlichen Klimadeckensystemen werden Wärmeleitbleche eingesetzt, um die Verteilung der Wärme zu verbessern. Hierbei müssen Nachteile in Kauf genommen werden. So erhöht sich zum Beispiel der Montageaufwand; im Falle einer perforierten raumseitigen Abdeckung der Elemente verringern die Bleche den positiven Effekt auf die Raumakustik, der mit einer solchen Abdeckung prinzipiell möglich ist. Hinzu kommt, dass



EFFIZIENZ ZAHLT SICH AUS!

Wärmerückgewinnung statt Kamin mit zertifizierter Befeuchtungstechnologie von Condair.

Die mit Erdgas beheizten Dampf-Luftbefeuchter Condair GS ermöglichen eine Rückgewinnung der Abgaswärme zur Gebäudeheizung direkt über die RLT-Anlage. Das macht die Dampf-Luftbefeuchtung in RLT-Anlagen in Zukunft einfacher, effizienter und wirtschaftlicher.

Die Vorteile dieser Lösung liegen klar auf der Hand: Die thermische Energie des Abgases wird somit zur regenerativen Beheizung der Zuluft genutzt und die Notwendigkeit eines Schornsteins entfällt, was die gesamte Anlagenkonzeption erheblich vereinfacht und zu markanten Einsparungen führt.



Lösungen für die Luftbefeuchtung

ISOTHERME BEFEUCHTUNG
 ADIABATE BEFEUCHTUNG
 VERDUNSTUNGSKÜHLUNG
 DAMPFERZEUGUNG
 WASSERAUFBEREITUNG

die Wärmeleitbleche das Deckengewicht erhöhen, was in der Statik der Unterkonstruktion berücksichtigt werden muss.

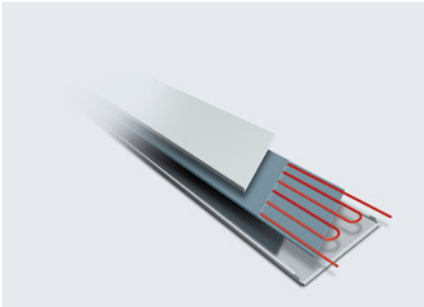


Abb.2: Klimadecken-Element mit einer Graphit-Leichtbauplatte

Abhilfe schaffen Werkstoffe aus expandiertem Naturgraphit, die unter dem Markennamen ECOPHIT® (Hersteller: SGL Lindner) erhältlich sind.

In Klimadecken unterstützen diese Werkstoffe eine schnelle und gleichmäßige Verteilung der Wärme.

Ausgangsmaterial von ECOPHIT® ist Naturgraphit, der in einem mehrstufigen Prozess zu anwendungstauglichen Graphitwerkstoffen verarbeitet wird. So wird der zunächst in Form voluminöser, wümmchenartiger Flocken anfallende expandierte Graphit ohne Bindemittelzusatz beispielsweise zu selbsttragenden Leichtbauplatten komprimiert. Diese zeichnen sich bereits bei niedriger Rohdichte durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit parallel zur Plattenoberfläche aus. Zudem sind die Leichtbauplatten kompressibel und passen sich gut an feste Oberflächen an.

Daher können etwa Rohrmäander vollständig eingepresst werden, wobei Rohr und Graphitplatte einen festen und dauerhaften Verbund bilden. In diesem Verbund ist der Wärmeübergang zwischen dem Wärmeträgermedium Wasser und der Graphitplatte nahezu perfekt; auch koppelt eine Graphitplatte thermisch gut an die Deckenelemente an und kühlt oder erwärmt diese gleichmäßig über die gesamte Fläche.

Das Graphit-Expandat kann auch ohne Bindemittelzusatz zu Folien verarbeitet werden. Ein Mahlgut solcher Folien – ein Granulat aus ECOPHIT® – eignet sich als Additiv zur Modifizierung anderer Materi-

alien. So fertigt die Saint-Gobain Rigips Gipskartonplatten, deren Gipskern ein solches Graphitgranulat enthält. Ohne die guten Grundeigenschaften der Gipskartonplatten zu verschlechtern, verbessert dieser Zusatz die Wärmeleitfähigkeit der Platten um den Faktor 3. Diese graphitmodifizierten Gipsplatten (Rigips Climafit™) eignen sich u.a. gut zur Beplankung der aktiven Elemente von Klimadecken.

Führende Anbieter aus der Klimatechnik-Branche haben leistungsfähige Klimadeckensysteme entwickelt und auf den Markt gebracht, in denen Graphitplatten-Kupferrohr-Verbundsysteme als aktive Elemente genutzt werden (Abb.2). Bei unverändertem Rohrabstand erreichen

- ▶ Zweitens lassen sich die Klimadecken sehr schnell bedarfsgerecht regeln: Die gewünschte operative Raumtemperatur stellt sich innerhalb kürzester Zeit ein – der Raum braucht nicht fortwährend auf einem bestimmten Temperaturniveau gehalten zu werden.

AKTUELLE STUDIE ZUM NACHWEIS DER EFFIZIENZSTEIGERUNG

In einer gemeinsam durchgeführten wissenschaftlichen Studie bestätigen das Ingenieurbüro Hausladen (Kirchheim bei München) und das Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser (Kassel) die positive Wirkung von ECOPHIT®.

Anhand einer thermischen Gebäudesimulation untersuchten die Autoren

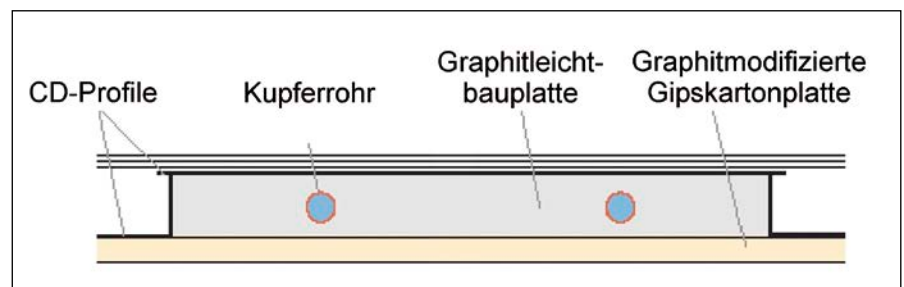


Abb.3: Aufbau der mit ECOPHIT® ausgestatteten Klimadecke, schematisch

diese Elemente eine höhere spezifische Leistung und eine größere Dynamik als die in herkömmlicher Bauweise herge-

die Leistungsfähigkeit einer fugenlosen Gipskartonplatten-Klimadecke, deren Kühlelemente aus Graphit-Leichtbau-

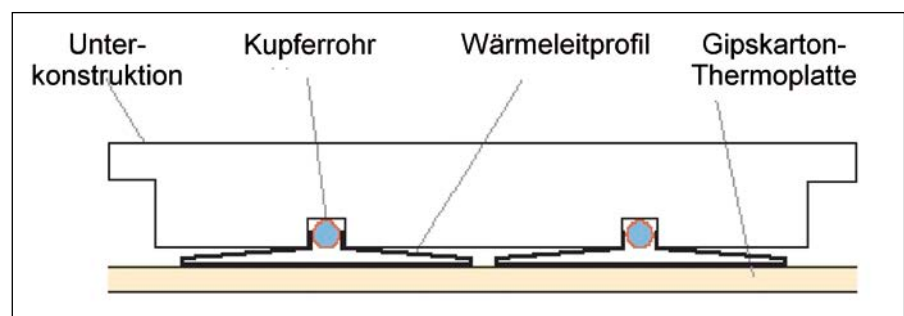


Abb.4: Aufbau der Referenz-Klimadecke, schematisch

stellten Heiz- und Kühlelemente. Hinsichtlich der Energieeffizienz resultieren daraus zwei Vorteile:

- ▶ Erstens können mit ECOPHIT® ausgestattete Systeme bei moderaten Vorlauftemperaturen betrieben werden, was die Nutzung regenerativer Energiequellen erleichtert und die Betriebskosten reduziert.

platten mit integrierten Kupferrohren bestanden, und die mit einer graphitmodifizierten Gipskartonplatte verkleidet wurde. Als Referenzklimadecke diente eine fugenlose Gipskartonplatten-Klimadecke mit Aluminiumleitprofilen und eingepressten Kupferrohren, die mit einer in der Wärmeleitfähigkeit verbesserten Gipskartonplatte verkleidet wurde.

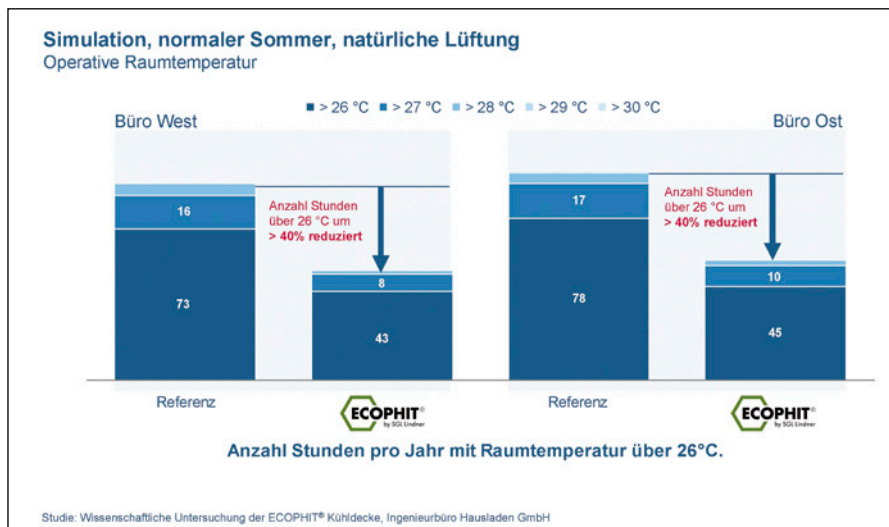


Abb.5: Bei gleicher Belegungsdichte sinkt mit ECOPHIT® die Anzahl der Übertemperaturstunden (empfundene Temperatur > 26 °C) im Normalsommer bei natürlicher Lüftung um über 40% im Vergleich zur Referenz-Klimadecke.

Die Abb.3 und 4 zeigen schematisch den Aufbau der untersuchten Klimadecken. In der mit ECOPHIT® ausgestatteten Klimadecke wurden Graphitplatten-Metallrohr-Kühlelemente verbaut, deren

Graphit-Leichtbauplatten parallel zur Plattenebene eine Wärmeleitfähigkeit von 18,0 W/(K·m) und senkrecht zur Plattenebene eine Wärmeleitfähigkeit von 7,0 W/(K·m) aufwiesen.

Die Kühl- und Heizelemente lagen auf graphitmodifizierten Gipskartonplatten (Wärmeleitfähigkeit 0,52 W/(K·m)) und wurden durch die Metallprofile der Deckenunterkonstruktion auf die Gipskartonplatten gedrückt. Bei der Referenzklimadecke lagen Wärmeleitbleche mit eingepressten Kupferrohren auf Gipskartonplatten hoher Rohdichte (Wärmeleitfähigkeit 0,3 W/(K·m)) auf, die zwischen den aktiven Elementen an Halteschienen verschraubt waren.

Die mit der Software TRNSYS 17.1 durchgeführte dynamische Simulation basiert auf dem Modell eines typischen Bürogebäudes, das aus drei Raumtypen aufgebaut wurde. Die Räume hatten identische Grundflächen, identische Fensterflächenanteile und identische außenliegende Wärmedämmungen, unterschieden sich aber in ihrer Ausrichtung und zum Teil hinsichtlich ihrer Nutzung (Großraumbüro West, Großraumbüro Ost

52 2012

CLARIANT 

Verrostet? Sorgen Sie vor!
**MIT ANTIFROGEN®-
WÄRMETRÄGERFLÜSSIGKEITEN.**



WWW.ANTIFROGEN.COM

what is precious to you?

und Besprechungsraum West). Die Randbedingungen der Simulation wurden an die einschlägigen Normen angelehnt. Als Wetterrandbedingungen dienten die Klimadaten der Norddeutschen Tiefebene für ein durchschnittliches Testreferenzjahr und für ein Testreferenzjahr mit extrem warmem Sommer. Die Studie betrachtet die Temperaturverläufe und den Verlauf des Energiebedarfs für die Kühlung über ein Jahr, wobei mehrere Varianten gerechnet wurden. Neben dem Klimadeckentyp, dem Testreferenzjahr und dem Raumtyp wurden noch die hygienisch notwendige Mindestlüftung (mechanische versus natürliche Lüftung) sowie – im Falle des mit ECOPHIT® ausgestatteten Systems – zusätzlich die Belegungsdichte (Anteil der Deckenfläche, die mit thermisch aktivierten Elementen belegt ist) und die Vorlauftemperatur des Kühlwassers variiert. Ausgangspunkte waren eine Belegungsdichte von 70 % und ein Vorlauf von 16 °C.

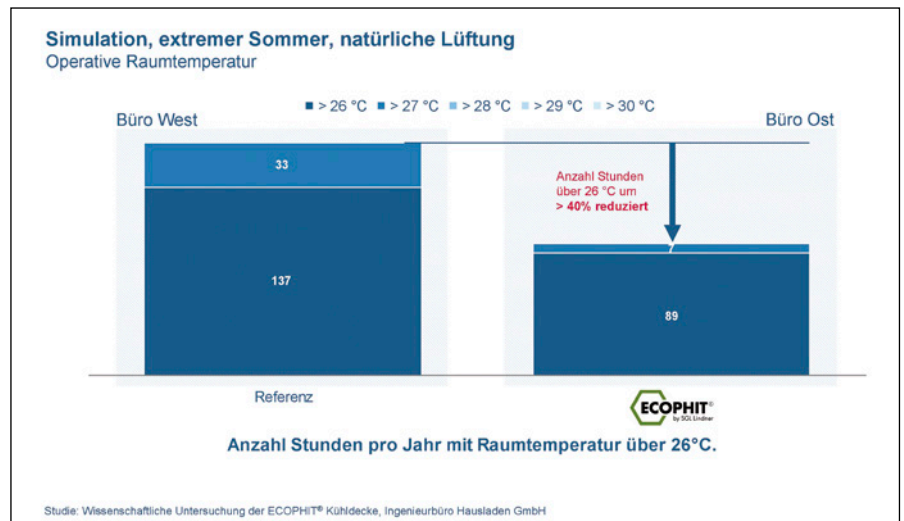


Abb.6: Auch im Extremsommer wird mit ECOPHIT® ein höherer thermischer Komfort erreicht (Belegungsdichte wie beim Referenzsystem, natürliche Lüftung).

Als Maß für den erzielten thermischen Komfort zogen die Autoren der Studie daher die Häufigkeit und die Höhe der Übertemperaturstunden heran.

Für die Kälteerzeugung gingen die Auto-

berechnung auch die Vorlauftemperatur des Kühlwassers. Für die Kälteerzeugung wurden die Ergebnisse der thermischen Simulation auf ein fiktives Bürogebäude hochgerechnet, das 4 % westorientierte Büroräume, 5 % westorientierte Besprechungsräume und 50 % ostorientierte Büros auf insgesamt 5000 m² Nutzfläche enthält.

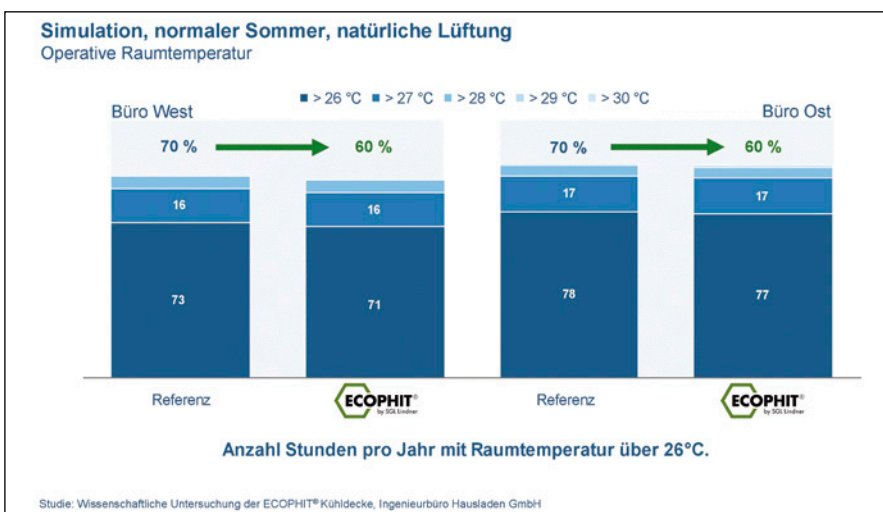


Abb.7: Die Aktivierungsfläche kann mit ECOPHIT® ohne Komfortverlust verringert werden. Für den Fall „normaler Sommer, natürliche Lüftung“ bleibt die Anzahl der sommerlichen Übertemperaturstunden im Vergleich zur Referenzdecke unverändert, wenn die Belegungsdichte von 70 % auf 60 % verkleinert wird.

ERGEBNISSE DER GEBÄUDESIMULATION

Unter den gewählten Randbedingungen wird der thermische Komfort in den untersuchten Räumen in erster Linie von der operativen Raumtemperatur bestimmt: Je seltener vorgegebene Soll-Raumtemperaturen im Jahresverlauf überschritten werden, desto behaglicher empfinden Personen den Aufenthalt in den Räumen.

ren von einer Kältemaschine mit Scroll-Verdichter aus. Berechnet wurden der Bedarf an elektrischer Energie, der zum Betrieb der Kältemaschine notwendig ist, sowie die energetische Effizienz der Kältemaschine anhand der Nennkälteleistungszahl EER und der Jahreskälteleistungszahl SEER. Im Falle der mit ECOPHIT® ausgestatteten Klimadecke variierten die Autoren bei der Effizienz-

Folgendes sind die zentralen Ergebnisse der Studie:

- ▶ Graphitbaustoffe steigern den thermischen Komfort. Bei der Simulation des Temperaturverlaufs zeigte sich, dass die Häufigkeit und die Höhe der Solltemperatur-Überschreitungen bei dem Klimadeckensystem, das mit Graphit modifiziert ist, kleiner als beim Referenzsystem sind. Bei gleicher Belegungsdichte sorgt das System mit den Graphit-Metallrohr-Elementen besser als das Referenzsystem dafür, dass der Raum im Sommer angenehm temperiert bleibt. So ist die Anzahl der Stunden, in denen die empfundene Raumtemperatur 26 °C übersteigt, bei diesem System sowohl beim normalen (Abb.5) als auch beim Extremsommer erheblich niedriger (Abb.6) als beim Referenzsystem – der sommerliche Komfort ist somit höher.
- ▶ Niedrigere Investitionskosten und größere Gestaltungsfreiheit mit Graphitbaustoffen. Die Klimadecke mit ECOPHIT®

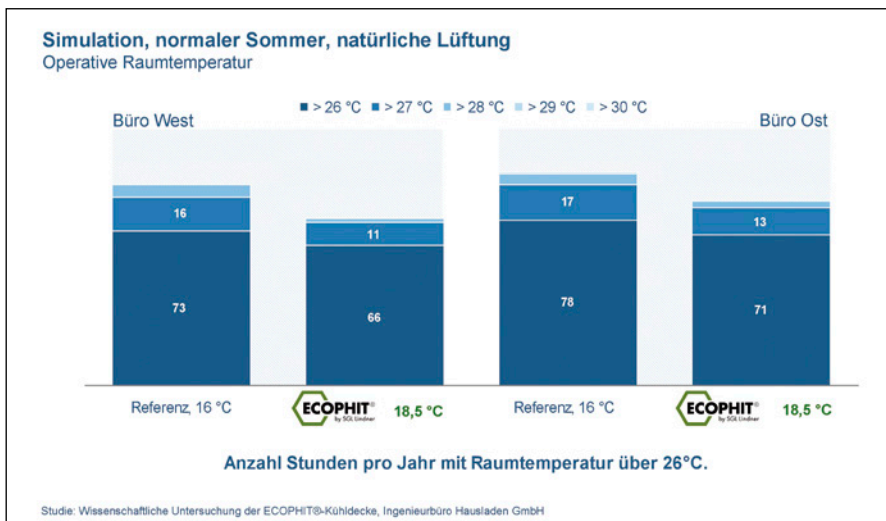


Abb.8: Um einen bestimmten sommerlichen Komfort zu erreichen, kann das Temperierwasser bei der mit Graphit-Leichtbauplatten ausgestatteten Klimadecke eine höhere Vorlauftemperatur haben als bei der Referenz-Klimadecke: Mit ECOPHIT[®] kann die Vorlauftemperatur ohne Komfortverlust von 16°C auf 18,5°C erhöht werden.

bietet bei einer um rund 15 % geringeren Belegungsdichte den gleichen sommerlichen Komfort wie die Referenz-Klimadecke, in der 70 % der Deckenfläche mit Kühlelementen ausgestattet sind (Abb.7). Dies kann zu niedrigeren Investitionskosten führen, da ein größerer Anteil der Deckenfläche passiv bleiben

kann. Auch ergibt sich so eine größere Freiheit für die architektonische Deckengestaltung und für eine Belegung der Decke mit anderer Technik.

- ▶ Graphitbaustoffe erhöhen die Energieeffizienz. Klimadecken mit Graphit-Leichtbauplatten können im Kühlfall bei höherer Vorlauftemperatur betrieben

werden als herkömmliche Klimadecken, und erzielen dabei den gleichen thermischen Komfort. In der Simulationsvariante „durchschnittlicher Sommer und natürliche Lüftung“ etwa konnte die Vorlauftemperatur bei der graphitmodifizierten Klimadecke um 2,5 K auf 18,5 K erhöht werden, ohne dass dadurch mehr Übertemperaturstunden verursacht wurden (Abb.8). Die höhere Vorlauftemperatur steigert die Energieeffizienz der Kälteerzeugung um 5 bis 8 % (Abb.9) und verringert die Gefahr, dass der Taupunkt unterschritten wird.

FAZIT

Mit ihrer exzellenten thermischen Leitfähigkeit optimieren die als ECOPHIT[®] kommerziell erhältlichen Graphitwerkstoffe den Wärmetransport in Klimadecken.

Sie erschließen erstens das Energie- und damit das Betriebskosten-Einsparpotenzial, das Klimadecken prinzipiell bieten, sich aber mit herkömmlichen Werkstoffen nur begrenzt nutzen lässt, ermöglichen zweitens einen besonders hohen thermischen Komfort und erweitern drittens den architektonischen Gestaltungsspielraum.

Mit ECOPHIT[®] ausgestattete Klimadecken bewähren sich weltweit in der Praxis seit Jahren in diversen kommerziellen Projekten. Jetzt liefert die von den renommierten Ingenieurbüros Hausladen und Hauser erarbeitete Studie einen wissenschaftlich fundierten Beleg für die Vorteile, die sich durch den Einsatz von Graphitwerkstoffen ergeben.

Autor:
Dipl.-Ing. (FH) Matthieu Neth,
Head of Product Management
SGL Lindner
86405 Meitingen
Fotos/Grafiken: SGL Lindner
www.sgl-lindner.com

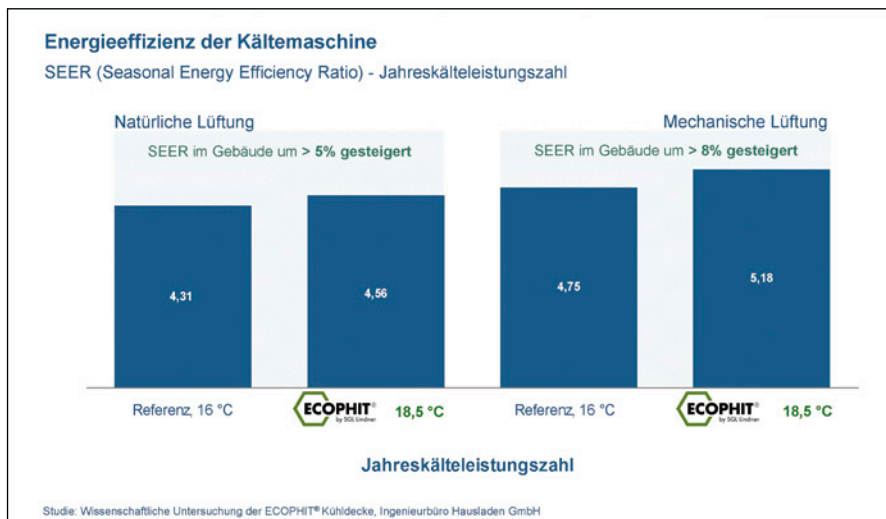


Abb.9: Bei der mit ECOPHIT[®] ausgerüsteten Klimadecke arbeitet die Kältemaschine im modellierten Gebäude effizienter als im Falle der Referenz-Klimadecke: Die Jahreskälteleistungszahl (SEER) steigt bei natürlicher Lüftung um mehr als 5%, bei mechanischer Lüftung um über 8%.