

Energiespeicher Beton

Thermische Bauteil- aktivierung

Infoblatt Kühlung

Michael Moltinger | Daniel Heidenthaler | Markus Leeb | Ferdinand Sigg

Interreg



Co-funded by
the European Union

Alpine Space

Cool*Alps

Klima- neutral bis 2040

„Wir brauchen den vollen Instrumentenkoffer, um die Klimaneutralität für Österreich bis 2040 zu erreichen. Die Bauteilaktivierung ist dabei ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung. Denn auch im Gebäudesektor müssen wir die Emissionen auf null reduzieren. Solche innovativen Technologien unterstützen diesen Weg maßgeblich.“

Klimaschutzministerin Leonore Gewessler



Abb. 2 Windpark NÖ @ stock.adobe.com

Abb. 1 links oben
**Zentrum für
Sonnenergie und
Wasserstoff-Forschung**
Baden-Württemberg
©ZSW



Abb. 3 rechts **Wohnbau
Sommerein** @Christian
Husar



Die thermische Bauteilaktivierung fördert durch ihre Speicherwirksamkeit den Einsatz erneuerbarer Energie fürs Heizen und Kühlen

Zur Erreichung der Klimaschutzziele muss der Gebäudebestand bis 2040 CO₂ neutral werden. Dazu gehören sowohl die Verringerung des Gesamtenergieverbrauchs als auch der Ersatz fossiler Energie durch erneuerbare Energieträger.

Klimaszenarien lassen eine deutliche Zunahme von Hitzewellen und Extremwetterereignisse erwarten. Gerade im alpinen Raum werden stetig mehr Hitzetage verzeichnet, was zu einer signifikanten Erhöhung des Gebäudekühlenergiebedarfs führt.

Die Kapazität ohnehin vorhandener Bauteile für die Speicherung von Wärme nutzbar zu machen, ist ein wesentlicher Beitrag zum Aufbau eines erneuerbaren Energiesystems, da dies wesentlich dazu beitragen kann, die – für erneuerbare Energien typische – ungleiche Verteilung von Energieerzeugung und -verbrauch auszugleichen.

Das Programm Interreg Alpine Space unterstützt mit dem Projekt „Cool*Alps – TABS goes Green Deal“ die Anwendung der thermischen Speicherkapazität von Bauteilen zur Maximierung des Einsatzes von erneuerbaren Energien zum Heizen und Kühlen von Gebäuden mit dem Ziel die Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel und die Energiesicherheit im Alpenraum zu verbessern.

In diesem Infoblatt sind grundlegende Erkenntnisse aus dem Projekt zum Thema „Kühlung mit Bauteilaktivierung“ aufgearbeitet und zusammengefasst.

Welchen Beitrag kann die Bauwirtschaft zur Erreichung der Klimaziele leisten?



**Bmstr. Ing. Robert
Jägersberger**
Bundesinnungsmeister Bau
@ Wilke

Die Entwicklung hin zu nachhaltigen Gebäuden stellt zweifellos neue Anforderungen an die Bauwirtschaft. Die thermische Bauteilaktivierung ist eine vielversprechende Lösung, die sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet. Ihre Vielseitigkeit in Bezug auf Heizen und Kühlen macht sie besonders attraktiv, insbesondere angesichts des zunehmenden Bedarfs an Kühlung während Hitzeperioden.

Die Tatsache, dass die thermische Bauteilaktivierung mit bereits vorhandenen Bauelementen arbeitet, macht sie auch finanziell attraktiv und erleichtert die Integration in bestehende Strukturen. Die Einsparung bei den Betriebskosten und die Möglichkeit, erneuerbare Energiesysteme zu integrieren, machen sie zu einer interessanten Option.

Massive Gebäude haben unabhängig von Gebäudequalität und Art des Wärmeabgabesystems eine gewisse Speicherkapazität. Je besser der Dämmstandard, desto länger kann die eingespeicherte Wärme die Raumtemperatur im Komfortbereich halten. Untersuchungen haben gezeigt, dass – je nach Dämmstandard des Gebäudes – ein Zeitraum von bis zu 5 Tagen ohne Energiezufuhr überbrückt werden kann. Daher ist die Bauteilaktivierung gut mit erneuerbaren Energiesystemen kombinierbar.

Eine gründliche Planung ist jedoch unerlässlich, um die volle Effizienz und Funktionalität dieses Systems zu gewährleisten. Das vorliegende Infoblatt soll ergänzend zum 2016 vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie herausgegebenen Planungsleitfaden „Energiespeicher Beton - Thermische Bauteilaktivierung“ aktuelle Entwicklungen und Möglichkeiten aufzeigen.

Insgesamt ist die thermische Bauteilaktivierung eine vielversprechende Technologie, die nicht nur den aktuellen Anforderungen an nachhaltiges Bauen gerecht wird, sondern auch einen bedeutenden Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten kann. Es ist ermutigend zu sehen, wie Innovationen in der Bauwirtschaft dazu beitragen können, eine nachhaltigere Zukunft zu gestalten.

Bauteile thermisch aktivieren, was heißt das?

Die thermische Bauteilaktivierung (kurz „TAB“ vom Englischen „Thermal Activated Buildings“) ist eine einfache Technologie. Seit vielen Jahren ist sie im gewerblichen Bereich ein Standardsystem für Heizung und Kühlung und ist auch in Wohngebäuden auf dem Vormarsch. Mit Klimaveränderung und Energiewende wird insbesondere die Ausnutzung der Speicherkapazität von Massivbauteilen zunehmend interessanter.

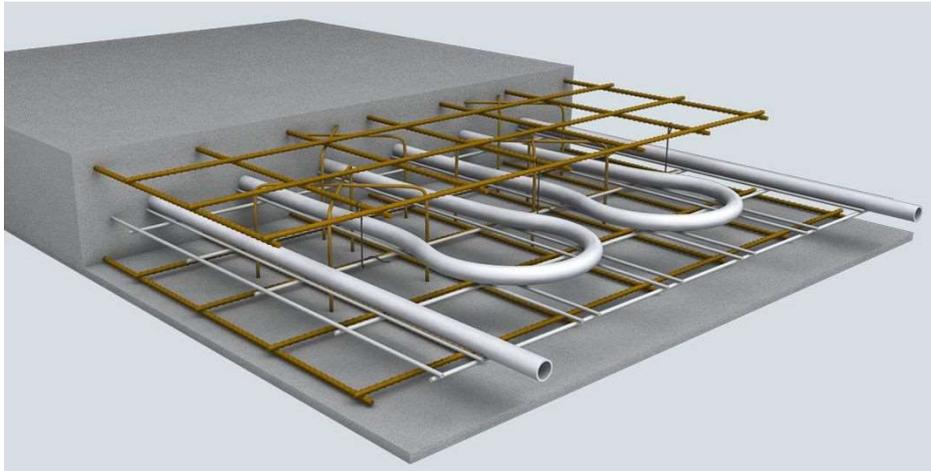


Abb. 4 **Modell einer aktivierten Betondecke** - das Rohrsystem ist zentral im Bauteil montiert (@ Uponor)

Die TAB ist eine Flächenheizung und/oder -kühlung bei der Rohrleitungen in Massivbauteilen integriert sind, durch die Wasser als Heiz- bzw. Kühlmedium fließt. So wird das Bauteil thermisch aktiviert und gibt über seine gesamte Fläche Wärme ab oder nimmt sie wieder auf – je nach Heiz- oder Kühlbetrieb.

Im Gegensatz zur Fußbodenheizung, die im Estrich verlegt wird, werden bei der TAB die Rohrleitungen vor dem Betonieren oberflächennah oder im Kern von Betondecken oder -wänden verlegt.

Ein **guter thermischer Gebäudestandard** ist Voraussetzung, wenn die TAB das einzige Heizsystem ist und die aktivierten Bauteile ausreichen sollen und keine weiteren Wärmeabgabesysteme wie z. B. Heizkörper oder Fußbodenheizung erforderlich sind. Aus konstruktiver Sicht sind keine Änderungen erforderlich, da die **üblichen Betondeckendicken ausreichend** sind, um das Rohrsystem in diesen zu integrieren.

Die **Systemtemperaturen** können durch die großen Übertragungsflächen sehr niedrig gehalten werden. Die Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Raumluft liegt bei ca. 1°- 6°C. Daher ist die Bauteilaktivierung sehr gut für die Nutzung regenerativer Energien geeignet.

Neben der Abgabe von Heizungswärme ist die Aktivierung von Decken hervorragend für die Raumtemperierung in der warmen Jahreszeit geeignet. Die **Kühlung über die aktivierten Bauteile** wird als besonders angenehm empfunden, punktet mit einer hohen Energieeffizienz und sorgt für einen optimalen Komfort für die Bewohner.

Näheres zu den Voraussetzungen und generellen Anforderungen finden Sie im Planungsleitfaden Energiespeicher Beton: [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) <<

Abb. 6 Sanierungsprojekt
in Wien @Florian Frey



Abb. 5
Mehrfamilienhaus
„Tante Käthes Grätz'1“
@Baumschlager Hutter



Die Vorteile des Systems zusammengefasst:

- Heizen und Kühlen mit einem System
- Energieflexibilität durch Speicherwirksamkeit
- geringe Investitionskosten und Betriebskosten
- Gute Kombinationsmöglichkeit mit regenerativer Energie möglich
- niedriges, energetisch günstiges Vorlauftemperaturniveau
- geringe Oberflächentemperaturen
- hoher Komfort im Raumklima und keine Zuglufterscheinungen

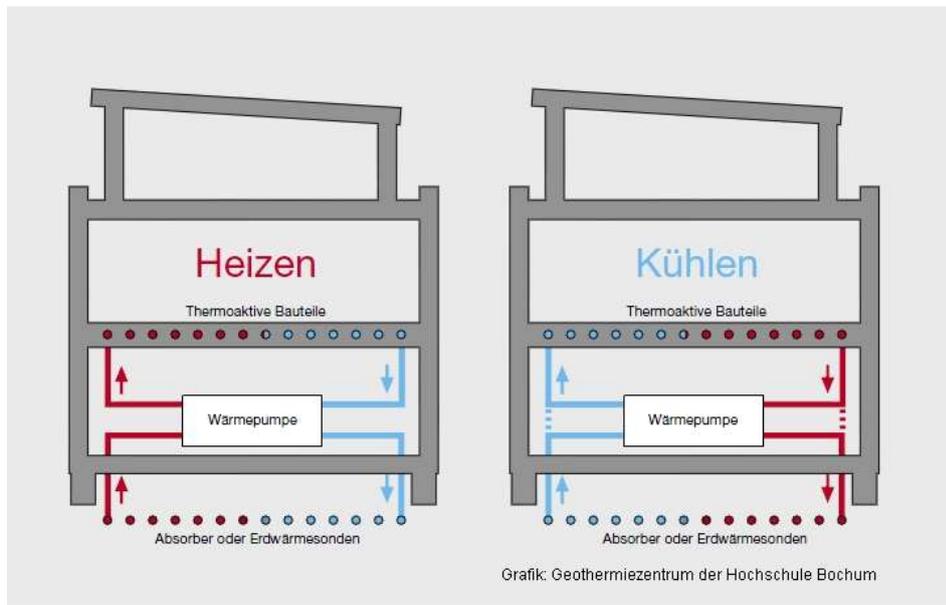


Abb. 7 Heizen und Kühlen mit thermischer Bauteilaktivierung @ Geothermiezentrum der Hochschule Bochum

Heizen und Kühlen mit einem System – geht das?

In Anbetracht der Klimaerwärmung und dem damit verbundenen Temperaturanstieg, zunehmender Hitzetage und immer länger andauernden Hitzeperioden im Sommer, wird auch die Notwendigkeit des Kühlens im Wohnbau immer präsenter, da in Zukunft Nachtlüftung und passive Maßnahmen in urbanen Regionen nicht mehr ausreichen werden. Vor diesem Hintergrund etabliert sich die thermische Bauteilaktivierung, ein System das heizen und auch kühlen kann, als wichtiger Teil zukunftsorientierten Planens und Bauens. Die thermische Aktivierung von Geschoßdecken eröffnet sowohl bautechnisch als auch bauphysikalisch Vorteile, die bewusst genutzt werden sollten.

Werden die Räume eines Gebäudes ausschließlich mittels thermischer Bauteilaktivierung gekühlt (konditioniert/temperiert), so können, je nach Gebäudehüllqualität und benötigter Kühllast, Raumtemperaturen zwischen 24 und 26° C erreicht werden – für den Wohnbau ist das völlig ausreichend. Die Wärmeabgabe einer thermischen Bauteilaktivierung zur Kühlung im Sommer kann und darf nicht beliebig gesenkt werden, da bei zu geringen Vorlauf- bzw. Oberflächentemperaturen Kondensat Gefahr besteht. Aus diesem Grund sollte die Bauteilaktivierung mit höheren Vorlauftemperaturen (ab 18° C) betrieben werden, wodurch sich eine Beschränkung der maximalen Kühlleistung und der erzielbaren Raumtemperatur ergibt. Bedingt durch die niedrigen Vorlauftemperaturen im Heizbetrieb und die vergleichsweise höheren im Kühlbetrieb ergeben sich jedoch sehr gute Synergien mit erneuerbaren Energiekonzepten.

Geothermische Energiekonzepte in Koppelung mit Wärmepumpen und Photovoltaik bieten vielerlei Vorteile. Im Winter kann durch die geringe Temperaturspreizung von Soletemperatur und Vorlauftemperatur eine sehr

hohe Arbeitszahl der Wärmepumpe erreicht werden. Durch die Möglichkeit der passiven Kühlung/ Freecooling über die Geothermie kann nicht nur mit sehr geringem Aufwand Kühlenergie bereitgestellt werden, es wird auch das geothermische Feld regeneriert. Ein Beispiel im großvolumigen Wohnbau ist das Projekt Breitenfurterstraße mit 265 Wohnungen (Abb. 8).

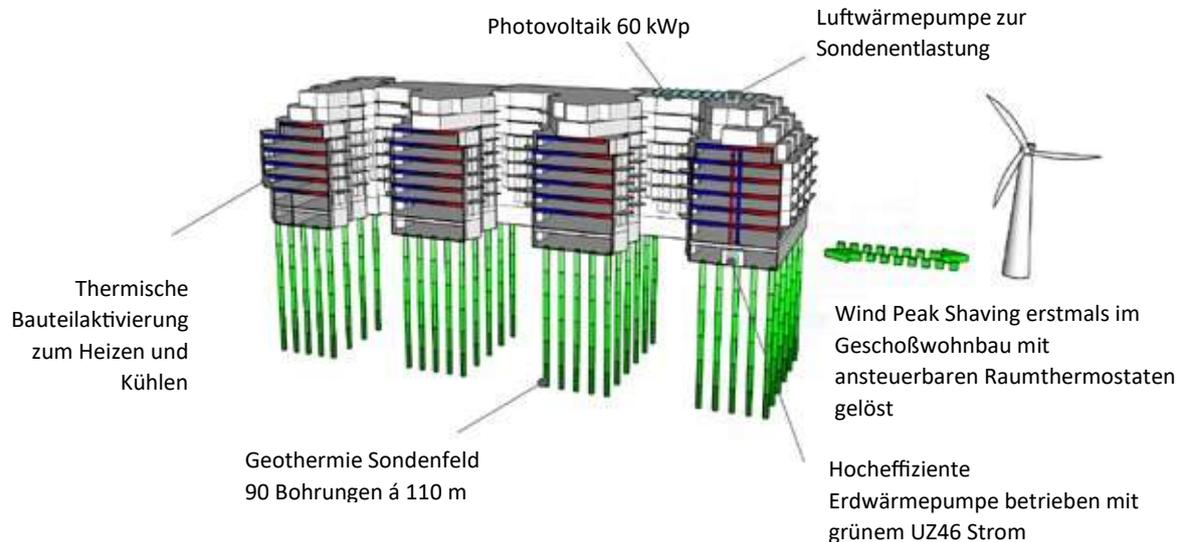


Abb. 8 **Projekt Breitenfurterstraße in Wien- Visualisierung und Energiekonzept der Wohnanlage** @Simon Handler

Die Decken sind zum Heizen und Kühlen thermisch aktiviert, Sondenfelder mit Erdwärmepumpen und Photovoltaik stellen die benötigte Energie umweltschonend bereit.

Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung von Anergienetzen/kalten Nahwärmenetzen (KNW) als Quelle für die Wärmepumpen. Ein Anergienetz bezeichnet ein Wärmenetz, welches Gebäuden Wärme auf sehr geringem Temperaturniveau (Hauptanwendung zwischen 0 °C und 15°C) bereitstellt. Nachdem das Wärmeträgermedium vom Kollektor über das Netz zu den Gebäuden transportiert wurde, wird durch dezentrale Wärmepumpen die Temperatur auf das gewünschte Temperaturniveau gehoben. Durch die KNW kann in den Sommermonaten Kühlmittel in entsprechend niedriger Temperatur bereitgestellt werden, welche wie auch bei anderen geothermischen Anwendungen durch passive Kühlung mit der Bauteilaktivierung die Wohngebäude temperiert.

Bereits umgesetzte Projekte zeigen die Möglichkeiten und deren Anwendungen auf (Abb. 9). Klimafreundliche thermische Energie für ganze Wohnsiedlungen oder urbane dicht bebaute Wohngegenden kann durch KNW mit Hilfe von oberflächennahsten Erdwärmekollektoren bereitgestellt werden. Die 11.000 m² großen Flächenkollektoren dienen als Energiequelle, -senke und -speicher. Durch die niedrigen Systemtemperaturen im KNW-Netz, führt dies zu einer nahezu verlustfreien Energiebereitstellung.



Abb. 9 **Drohnenaufnahme Erdwärmekollektor** © Harry Steinhäuser (Steinhäuser GmbH & Co. KG)

Passives Kühlen mit thermischer Bauteilaktivierung

Grundsätzlich kann bei der thermischen Bauteilaktivierung zwischen einer passiven und aktiven Kühlung unterschieden werden. Da keine reversible Wärmepumpe bzw. Kältemaschine betrieben wird, sondern lediglich Umwälzpumpen benötigt werden, ist der Strombedarf bei der passiven Kühlung äußerst gering.

Für die passive Kühlung stehen im Wesentlichen zwei Energiequellen zur Verfügung. Mit der Nutzung von Grundwasser können bei ausreichender Strömung und entsprechend geringem Temperaturniveau auch über längere Zeiträume hohe Leistungen abgeführt werden. Neben dem Grundwasser kann auch die Geothermie, also die Erdwärme, als Quelle genutzt werden. Flachkollektoren (Erdkollektoren) stellen hier eine sehr einfache und wirtschaftliche Lösung dar. Um die volle Leistungsfähigkeit des Erdreichs als Wärmesenke über viele Jahre sicherstellen zu können, muss auf eine ausgeglichene Bilanz zwischen Wärmeeintrag und Wärmeentzug geachtet werden. Achtung: Die Leistungsfähigkeit der passiven Kühlung über das Erdreich sinkt bei länger andauerndem alleinigen Kühlbetrieb.

Bei Verwendung von großflächigen Raumheizflächen ist die minimale Oberflächentemperatur begrenzt und somit auch die mögliche maximale Kühlleistung. Bei Beachtung des Taupunkts sind mit der Bauteilaktivierung auch Kühlleistungen von bis zu ca. 43 W/m² erzielbar (das entspricht einer Temperaturdifferenz zwischen Oberflächen- und Raumlufttemperatur von 4 K).

Durch abwechselndes Heizen im Winter und Kühlen im Sommer oder durch Einspeicherung von Überschusswärme im Sommer wird die natürliche Regeneration des Untergrundes unterstützt. <<

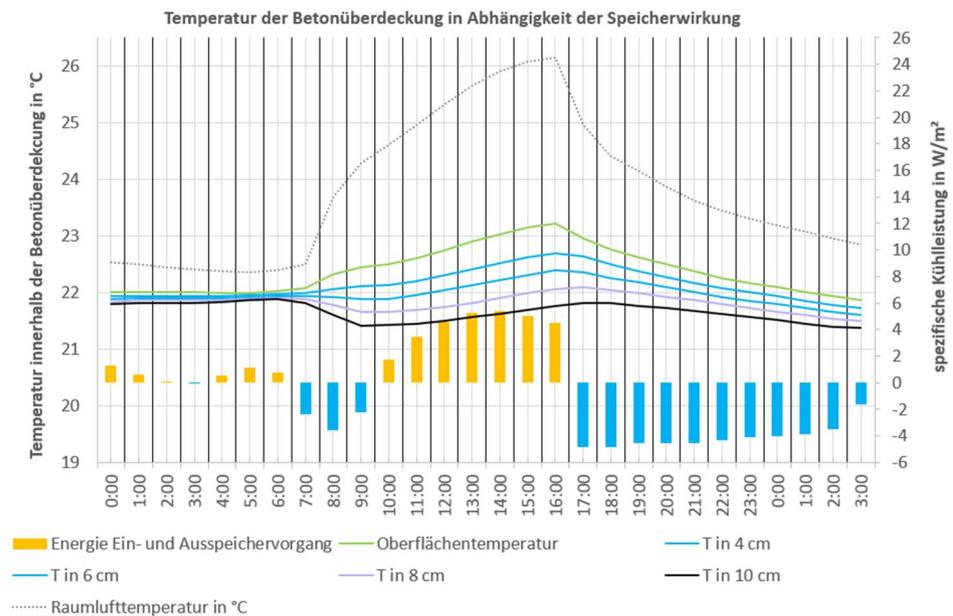


Abb. 10 **Wärmestrombilanz (simuliert) und Bauteiltemperaturen einer Bauteilaktivierung im Kühlfall**, (hohe interne Lasten 8:00-17:00, konstanter Luftwechsel ohne WRG, Vorlauftemperatur der Bauteilaktivierung 18° C, Standort Innsbruck) © TH Rosenheim

In Abb. 10 ist das Ergebnis einer Bauteilsimulation in einem Raum mit sehr hohen internen Lasten dargestellt, um eine Extremsituation aufzuzeigen. Solch hohe interne Lasten treten in Wohngebäuden äußerst selten auf. Dies soll somit das hohe Potential (spez. Kühllast ist über der spez. Kühlleistung der Bauteilaktivierung) für die Temperierung im Sommer aufzeigen. Die Raumtemperatur steigt wie erwartet untertags an, die Erhöhung bleibt aber durch die temperierten Betonmassen im gewünschten Rahmen. Die Leistungsregelung der Bauteilaktivierung (Rohrebene mit 10 cm Betonüberdeckung) erfolgt sowohl mit der Vorlauftemperatur sowie mit der Regelung des Massenstroms.

Gezeigt werden in Abb. 10 die Raumlufttemperatur, Oberflächentemperatur sowie die Betontemperaturen in 4 cm, 8 cm und 10 cm Tiefe. Die Raumtemperatur ist durchgehend über der Bauteiloberflächentemperatur, somit wird der Raum durch die thermische Trägheit 24 Stunden am Tag gekühlt. An den gelb gekennzeichneten Zeiträumen wird dem Betonkern mehr Energie zugeführt als die Bauteilaktivierung abführen kann. In dieser Zeit wirkt die thermische Speichermasse als Puffer, bei fortlaufend degressiver Kühlleistung, bis sich die Raumtemperatur an die Oberflächentemperatur angepasst hat und der thermische Speicher somit erschöpft ist. In blau gekennzeichneten Zeiträumen wird durch die Bauteilaktivierung mehr Energie abgeführt, als dem Raum über die Betondecke entzogen wird. In diesen Zeiträumen wird somit das Bauteil „nachgekühlt“ und regeneriert, um für den nächsten Kühlbedarf bereit zu sein. Dies wird in der Grafik durch die sinkenden Bauteiltemperaturen im Bereich der Rohrebene ersichtlich.

Die hohe Wärmespeicherfähigkeit der Geschoßdecke bewirkt, dass die Wärme aus den Räumen über längere Zeiträume von der Decke aufgenommen wird, ohne deren Temperatur allzu sehr zu erhöhen. Die gespeicherte Wärme kann dann mittels Durchströmung des Rohrregisters abgeführt werden, wenn erneuerbare Energie zum Betrieb von Umwälzpumpe und Kühlanlage zur Verfügung steht. Damit sind die Voraussetzungen für die Nutzung erneuerbarer Energien bei Systemen mit TAB ganzjährig in hohem Maße gegeben.

Vergleich zu Klima-Splitgerät

Wird die Bauteilaktivierung mit einem luftkühlenden Klima-Splitgerät verglichen, zeigt sich, dass das Klima-Splitgerät die Raumtemperatur vergleichsweise konstant hält und den Raum mit leichten Temperaturschwankungen stabil mit hoher Kühlleistung konditioniert. Die durch die Bauteilaktivierung gekühlte Betondecke kühlt etwas zeitverzögert, dafür ständig (blau), auch in Zeiträumen ohne eigentlichen Kühlbedarf (nachkühlen).

Die Temperierung über eine TAB-Decke ist deutlich komfortabler als über ein Klima-Splitgerät. <<

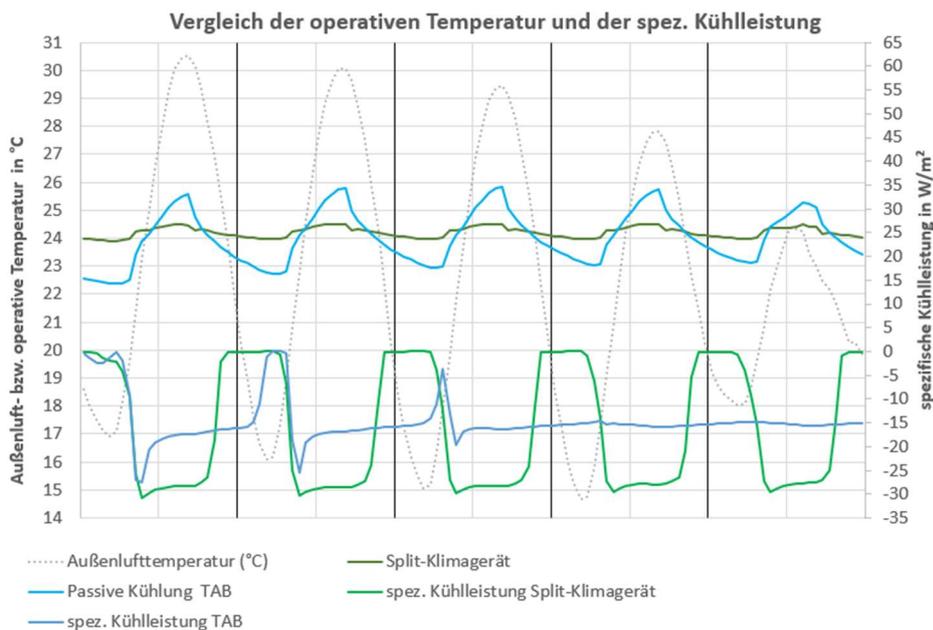


Abb. 11 Gegenüberstellung der operativen Raumtemperatur und spezifischen Kühlleistung an fünf Tagen für ein Klima-Splitgerät und eine Bauteilaktivierung © TH Rosenheim

Bei der Kompressor betriebenen „Aktiven Kühlung“ durch eine Wärmepumpe oder ein Klima-Split-Gerät ist der Strombedarf jedoch deutlich erhöht. Bei der „Passiven Kühlung“ kann auf den Kompressor Strombedarf verzichtet werden, sodass nur der Umwälzpumpenstrom der Wärmequellenpumpe sowie der Heizkreispumpe zum Tragen kommt. Dies macht sich energetisch bezahlt und resultiert in einem deutlich niedrigeren Strombedarf.

Mit weniger Kühlleistung kann die Bauteilaktivierung dieselbe Temperatur halten. <<

Die Passive Kühlung verbraucht zehn mal weniger Strom als eine aktive Kühlung. <<

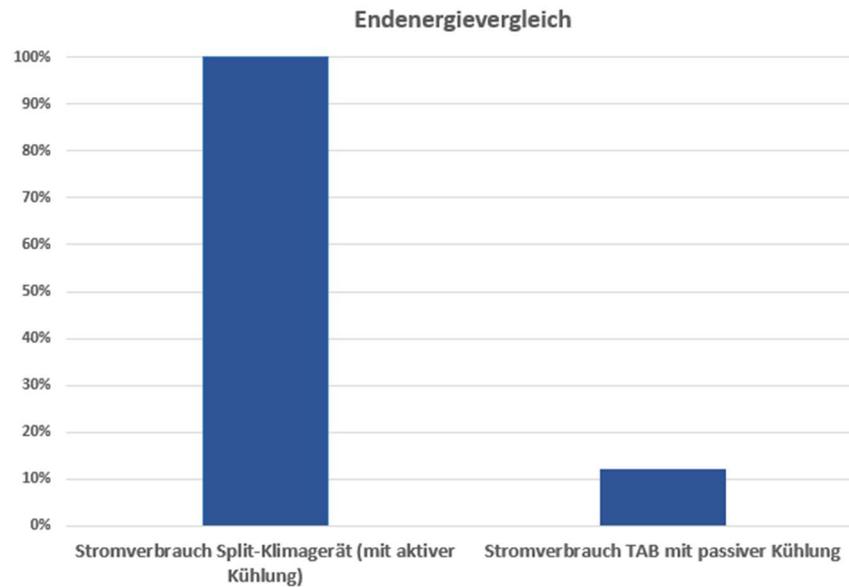


Abb. 12 Endenergievergleich Stromverbrauch **Split-Klimagerät Aktive Kühlung** und **Stromverbrauch TAB mit passiver Kühlung** © TH Rosenheim

Wie gut die Kühlung über Bauteilaktivierung auch in der Realität funktioniert, zeigt die Ganzjahresmessreihe der Wohnhausanlage „Viertelhäuser“ in der Tonpfeifengasse in Theresienfeld (Abb. 13). Das Wohnhausprojekt besteht aus insgesamt 28 Wohnungen, die als 3- und 5-Zimmer-Wohnungen errichtet wurden. Die Abbildung zeigt die gemessene Lufttemperatur eines Raumes in zwei unterschiedlichen Sommermonaten mit ähnlichen Außentemperaturen. Der nicht gekühlte Raum (grün) liegt in der Punktwolke signifikant über den gemessenen Raumtemperaturen des gekühlten Raumes (blau).

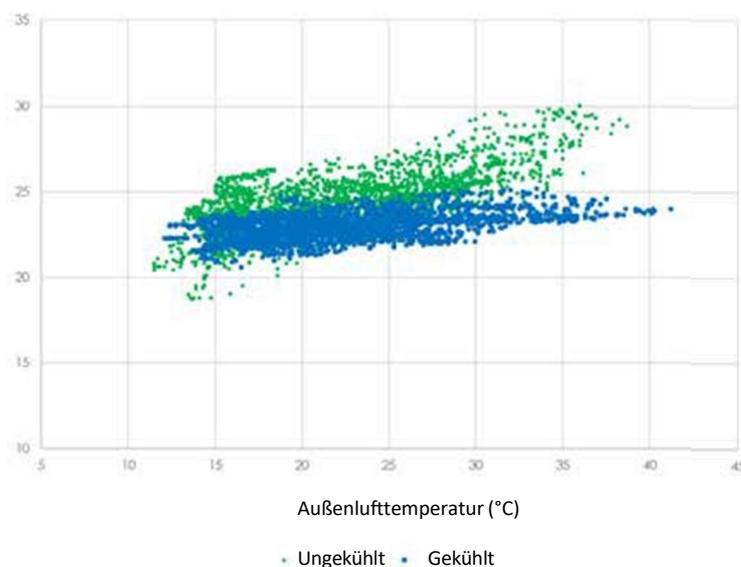


Abb. 13 Stundenwerte **Raumlufttemperatur einer Wohnküche** (Juni ungekühlt, Juli gekühlt), Monitoring Mehrfamilienhäuser „Tonpfeifengasse“ © Simon Handler

Im Tages- und Wochendurchschnitt lassen sich durch die Bauteilaktivierung ähnliche Innenraumtemperaturen erzielen wie mit Klimageräten. Die sanfte Kühlung über die Bauteile erfolgt dabei völlig geräuschlos und kann an heißen Sommertagen somit auch nachts betrieben werden.

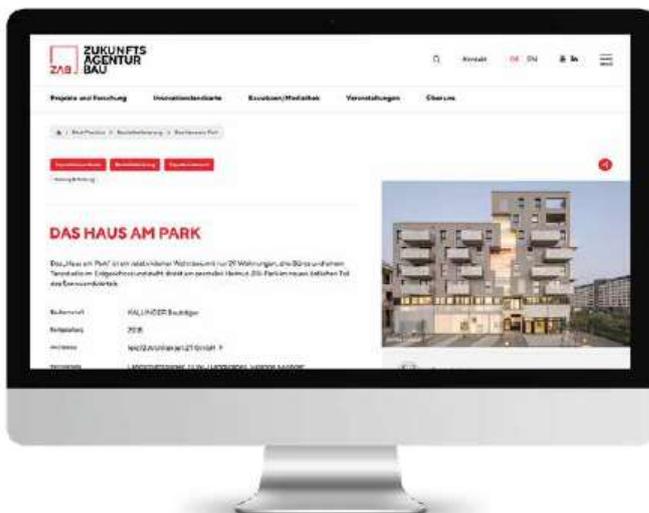
Wo gibt es Informationen zu bereits erfolgreich umgesetzten Projekten?

Die Innovationslandkarte der ZAB Zukunftsagentur Bau bietet eine Sammlung von innovativen Bauprojekten zu unterschiedlichen Themenbereichen. Zum Thema „thermische Bauteilaktivierung“ sind bereits über 120 Projekte aus 4 Ländern eingetragen.

Die Projekte reichen von Sanierungen mit nachträglich eingefrästen Leitungen, über den Neubau von Mehrfamilienhäusern, bis hin zu öffentlichen Bauten wie Schulen, Universitätsgebäuden oder Büros.

Zu jedem Projekt gibt es eine Infobox mit den wichtigsten Daten, ein paar Fotos und eine kurze Beschreibung. So bekommen Sie einen guten Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der thermischen Bauteilaktivierung, wertvolle Details, ausführende Firmen oder beteiligte Experten!

www.zukunft-bau.at/innovationslandkarte



Wo finde ich weitere Details zur Bauteilaktivierung?

Projektseite Interreg Alpine Space Projekt „Cool*Alps“

« alpine-space.eu/project/coolalps

FactSheet Klima- und Energiefonds

« klimafonds.gv.at

Planungsleitfaden Thermische Bauteilaktivierung

« zement.at

Fachhochschule Salzburg

« fh-salzburg.ac.at

Projektpartner

ZAB Zukunftsagentur Bau GmbH

« zukunft-bau.at

Agentur für Energie Südtirol – KlimaHaus

« klimahaus.it/

BI Bayern innovativ GmbH

« bayern-innovativ.de/de

BETONSUISSE Marketing AG

« betonsuisse.ch

Innovation Salzburg GmbH

« innovation-salzburg.at

Technische Hochschule Rosenheim

« th-rosenheim.de

Fachhochschule Salzburg (im Rahmen der Erarbeitung des Infoblatts)

« fh-salzburg.ac.at