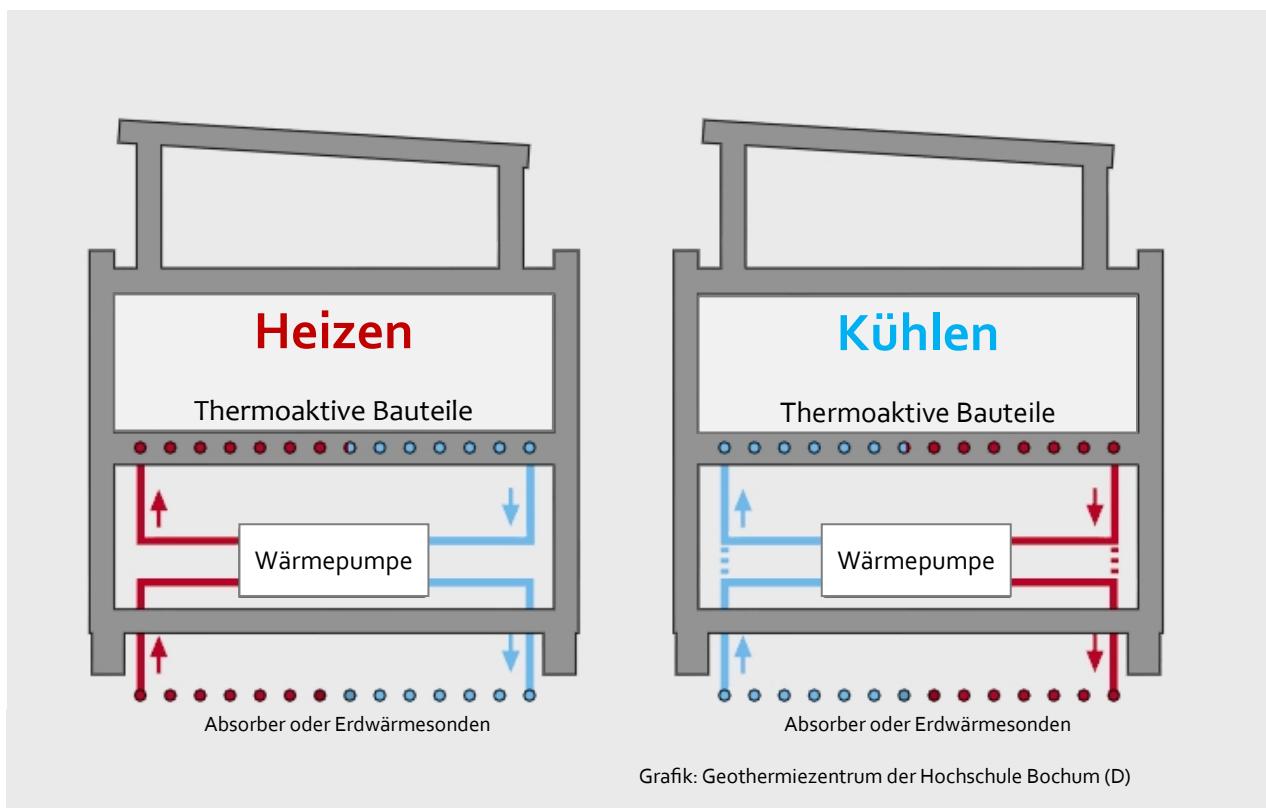


TABS – Thermoaktive Bauteilsysteme



Technische Informationen für die Planung

Geleitwort „Cool*Alps – TABS goes Green Deal“

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 für die Bereitstellung von Wärme und Kälte in einem System mit dem Ziel die Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel und die Energiesicherheit im Alpenraum zu verbessern.

In diesem Planungsleitfaden sind Grundlegende Fakten zur Bauteilaktivierung aufgearbeitet und zusammengefasst.

Projektpartner

Die am Projekt beteiligten Partner kommen aus den Alpenanrainerstaaten Deutschland (Bayern), Österreich (Land Salzburg), Schweiz (Kanton Bern) und Italien (Autonome Provinz Bozen - Südtirol).

- ZAB Zukunftsagentur Bau GmbH (AT)
- BI Bayern Innovativ GmbH (DE)
- BETONSUISSE Marketing AG (CH)
- Innovation Salzburg GmbH (AT)
- Agentur für Energie Südtirol - KlimaHaus (IT)
- Technische Hochschule Rosenheim (DE)



bayern**innovativ**

INNOVATION SALZBURG featuring the future



BETONSUISSE

Technische
Hochschule
Rosenheim 

Inhalt

1	Thermoaktive Bauteilsysteme	1
2	Systeme der Bauteilaktivierung	4
3	Energiespeicherung mit BTA.....	7
4	Energiekonzepte für ein Gebäude mit BTA.....	9
5	Anforderungen an die Bauteile.....	10
6	Steuerung und Regelung	12
7	Planung einer BTA.....	13
8	Bauteilaktivierung in der Sanierung.....	15
9	Kosten der Bauteilaktivierung	18
10	Behaglichkeit und Wohnkomfort.....	20
11	Normen & Regelwerke.....	21
12	Literaturhinweise/Links	22

1 Thermoaktive Bauteilsysteme

Die thermische BauteilAktivierung (TBA) 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.

Bauteile
thermisch
aktivieren-
Was heißt das?

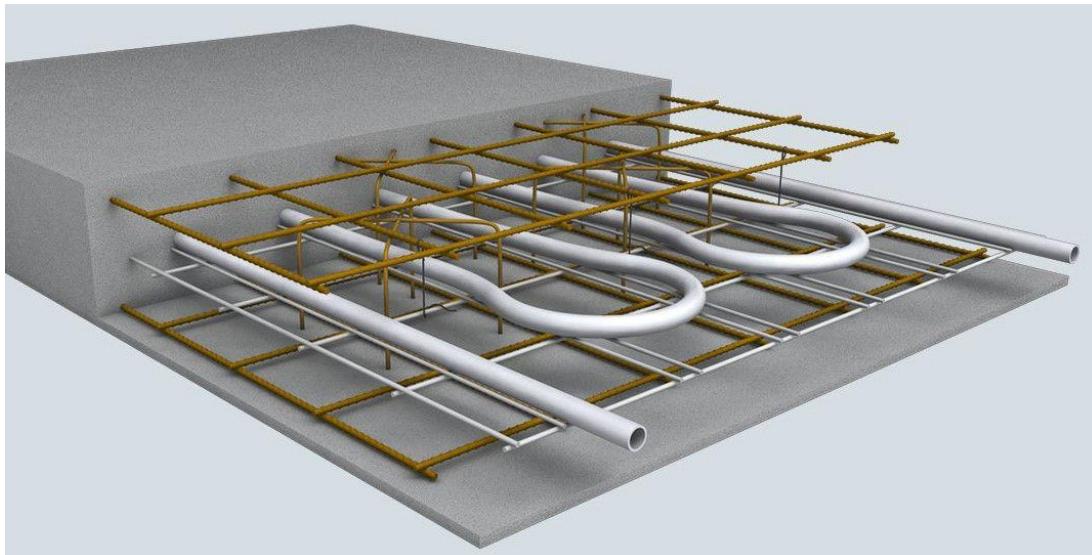


Abb. 1 | Modell einer aktivierten Betondecke
Das Rohrsystem ist zentral im Bauteil montiert. (© Uponor)

Eine Anlage zum
Heizen & Kühlen

Die TBA 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 TBA die Rohrleitungen vor dem Betonieren oberflächennah oder im Kern von Betondecken oder -wänden verlegt.

Voraussetzungen
für die TBA

Ein **guter thermischer Gebäudestandard** ist Voraussetzung, wenn die TBA das einzige Heizsystem ist und die aktivierten Deckenflächen ausreichen sollen und keine weiteren Wärmeabgabesysteme wie z. B. Heizkörper oder Fußbodenheizung erforderlich sind (außer evtl. einem Handtuchwärmer im Badezimmer).

Auch 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.

Heizungswärme

Der **Strahlungsanteil** (Infrarot) von Flächenheizungen ist besonders hoch, wodurch kaum Konvektion (Luftbewegung) auftritt. Die Strahlung wärmt nach einiger Zeit Wände und Fußboden auf (Kachelofeneffekt).

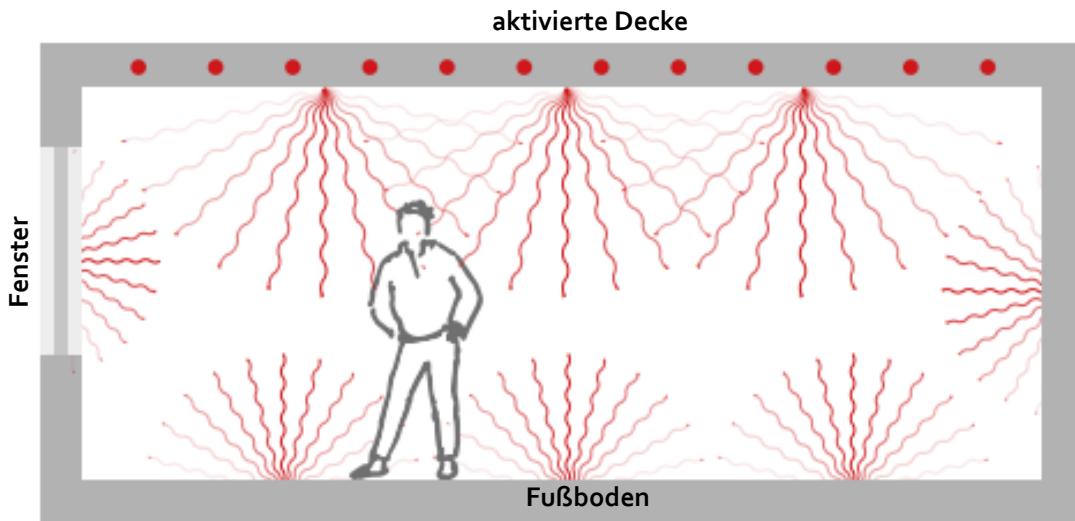


Abb. 2 | Wärmestrahlung

Jeder Punkt der aktivierte Decke und aller raumumschließenden Bauteile strahlt, genauso wie die in der Grafik zufällig ausgewählten Punkte, halbkugelförmig Wärme in den Raum ab. (©Z + B)

Die geringen Temperaturdifferenzen von wenigen Gradern zwischen Oberflächen und Raumluft machen eine Ortung der Strahlung kaum möglich (geringe Strahlungsasymmetrie).

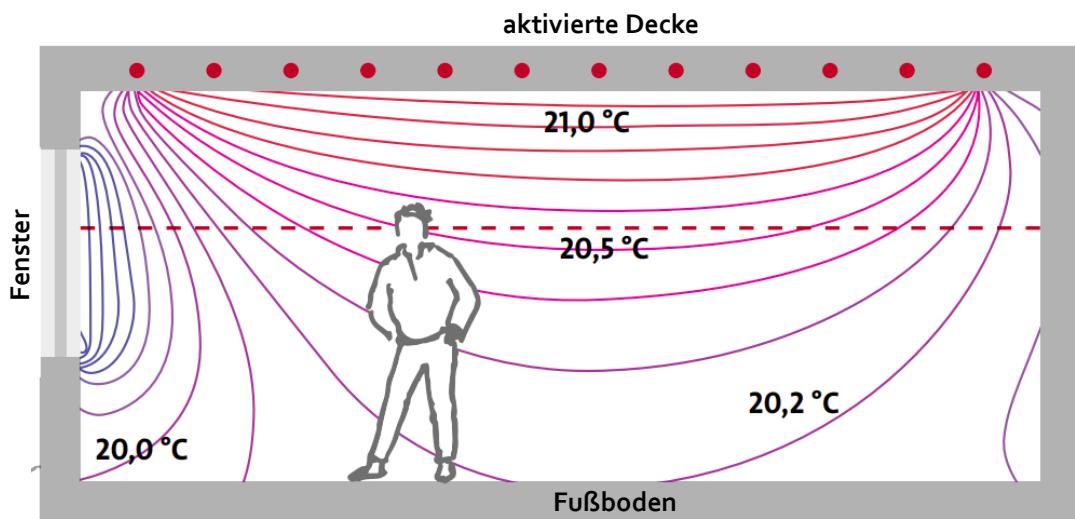


Abb. 3 | Isothermen im Heizfall/ Winterbetrieb bei aktiverter Decke

Sie zeigen die gleichmäßige Temperaturverteilung und die geringen Temperaturunterschiede im Raum. (© Z + B)

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

Stille Kühlung

Bei der Stillen Kühlung vollzieht sich der Wärmeentzug aus der Raumluft rein physikalisch und langsam, aber dennoch stetig. Warme Raumluft steigt stets nach oben. An der kühleren Decke wird sie abgekühlt und „fällt“ zurück nach unten, wo sie allmählich erneut im Raum erwärmt wird. Anders als herkömmliche Klimaanlagen, die die Wärme konvektiv mit Hilfe des Luftaustauschs aus dem Raum entziehen, **führen Kühldecken die Kühllast mittels Strahlung aus dem Raum ab**. Zuglufterscheinungen, die die gefühlte Behaglichkeit im Raum beeinträchtigen, sind durch diesen Prozess ausgeschlossen. Probleme wie eine zu trockene Raumluft sind systembedingt durch die Erwärmung oder Abkühlung der Raumflächen – statt der Raumluft, ausgeschlossen.

Insbesondere der Einsatz von freier Rückkühlung über Erdwärmemtauscher, Grundwasserbrunnen oder Kaltwassersätze ist ein bewährtes und ressourcenschonendes Konzept, mit dem Wohnungen im Sommer behaglich kühl gehalten werden können, und das bei sehr niedrigen Betriebskosten.

Die Vorteile des Systems zusammengefaßt:

TABS Vorteile

- Heizen und Kühlen mit einem System
- Energieflexibilität durch Speicherwirksamkeit
- niedrige Betriebskosten
- geringe Investitionskosten
- Einsatz regenerativer Energien möglich
- gleichmäßiges niedriges, energetisch günstiges Vorlauftemperatureniveau
- geringe Oberflächentemperaturen
- hoher Komfort im Raumklima
- keine Zuglufterscheinungen

2 Systeme der Bauteilaktivierung

TABS

Es gibt verschiedene Möglichkeiten **TABS** – thermisch aktive Bauteilsysteme – (*engl. Thermally Activated Building Structure*) umzusetzen. Alle Bauarten nutzen die massiven Bauteile eines Baukörpers als thermischen Speicher, um so über Wärme- und Kälteabgabe das Gebäude ganzjährig zu temperieren.

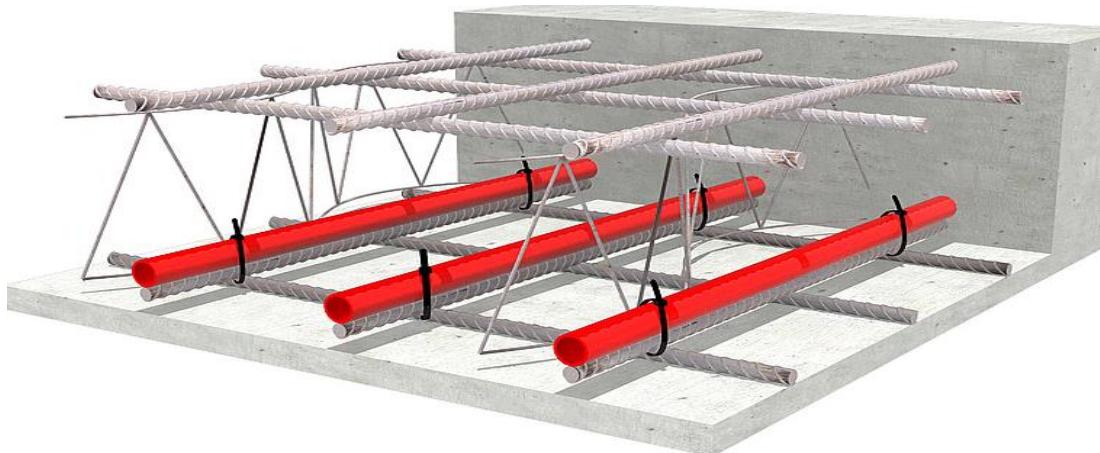


Abb. 4 | Modell einer aktivierten Betondecke
Das Rohrsystem ist auf der unteren Bewehrung montiert. (© Z + B)

Betonkern-aktivierung

Unter der **Betonkernaktivierung (BKA)** bzw. **Betonkerntemperierung (BKT)** versteht man die Temperierung eines Gebäudes über in die Gebäudedecke verlegte Leitungen.

Es gibt Systeme für die Vor-Ort-Verlegung, als vorkonfektionierte Module oder als Module für die Verlegung in Betonfertigteilen.

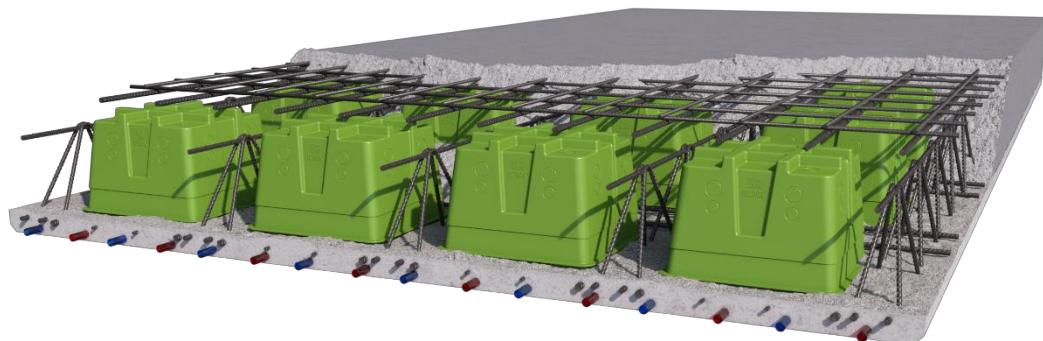


Abb. 5 | Modell einer aktivierten Betondecke
Progress Green Code® Decke in Halbfertigteilbauweise. (© Progress Group)

Die Weiterentwicklung der BKT zur reaktionsschnellen **oberflächennahen BKT (oBKT)** ermöglicht eine höhere und schnellere Anpassung der Leistung. Bei der oBKT werden Rohrleitungen auf einem Trägersystem auf der Schalung montiert, danach erst wird die untere Bewehrung verlegt. Die oBKT liegt in der Betondeckung der Stahlbetondecken.



Abb. 6 | Modell einer oberflächennahen Betonkerntemperierung (oBKT):
Das Rohrsystem liegt in der unteren Betondeckung der StB-Decke. (©Rehau)

- hohe Kühlleistung (bis 92 W/m² möglich, 15/17/26 °C)
- Abdeckung von Grund- und Spitzenlasten
- Reaktionsschnelles System (doppelt so schnell wie normale BTA), Reaktionsgeschwindigkeit ca. 20 W/m² h) - Änderung: T_{Oberfläche} ca. 2 °C/h
- Feuerwiderstandsfähigkeit (F120 nach DIN 4102-2 - REI120 nach DIN EN 13501-2)
- Rohrlage in der Betondeckung der unteren Bewehrung
- Rohrdimension 14 x 1,5 mm, Verlegeabstand VA 7,5 bzw. 15 cm
- Kombination von oberflächennaher Betonkerntemperierung und klassischer Betonkerntemperierung möglich
- Betondeckung der Bewehrung muss garantiert werden.
- Beton ist gut zu einzurütteln und zu verdichten. Es dürfen sich keine Kiesnester bilden. Eventuell Zusatz Betonverflüssiger erforderlich

Merkmale von TABS

Energiepfähle und andere erdberührte thermoaktive Bauteile

Im Prinzip funktioniert ein Energiepfahl ähnlich wie eine Erdwärmesonde: Eine Wärmepumpe, die sich umschalten lässt, entzieht dem Energiepfahl die Wärme des Wassers, das in ihm zirkuliert, zum Heizen des Gebäudes oder sie gibt die Wärme, die sie dem Gebäude entzieht, an den Energiepfahl ab, so dass das Gebäude gekühlt wird. Wichtig für das Bauvorhaben ist, dass ein Pfahl, der als Energiepfahl genutzt wird, indem man ihn mit Hilfe sogenannter Wärmeüberträgerrohre geothermisch aktiviert, dadurch nicht in seiner Tragfähigkeit eingeschränkt wird. Mindernd auf die Funktionalität können sich beispielsweise Frost oder eine Verringerung des Querschnitts durch die Integration der Wärmetauscherrohre auswirken.

Ein Energiepfahl muss zwei Funktionen gerecht werden:

- Lastabtragung in den Baugrund (Hauptfunktion: Gründungspfahl).
- Übetrugung der im Erdreich (Baugrund) gespeicherten Wärmeenergie (Nebenfunktion: Energiepfahl)

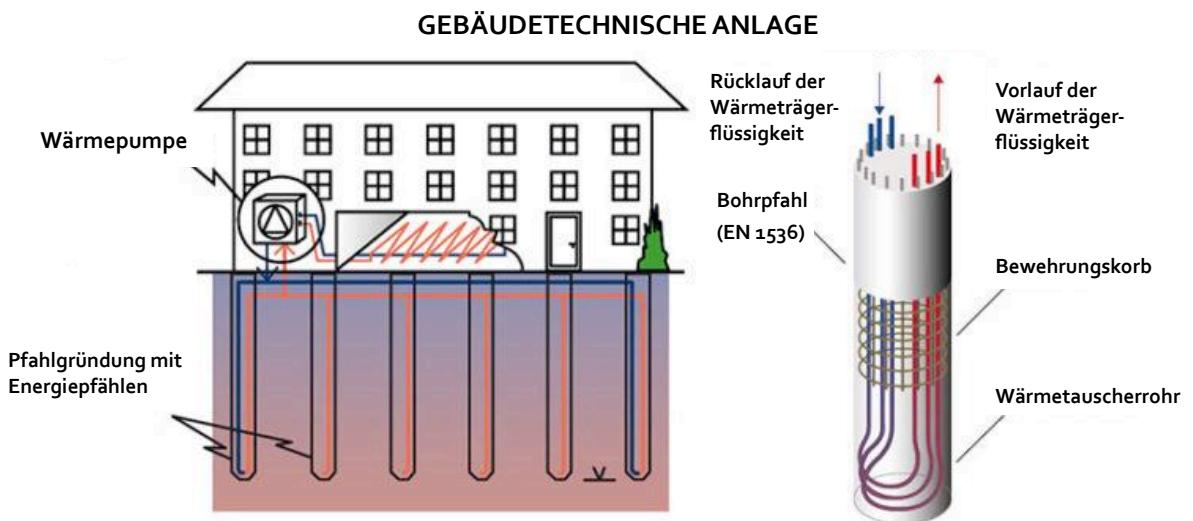


Abb. 7 | Funktionsschema Energiepfähle

Anlage mit Energiepfählen in einem Gebäude | Detail Energiepfahl. (© energiepfad.ch)

Neben den Gründungspfählen haben sich mittlerweile andere Bauteile etabliert, die mittels angepasster Wärmeübertragerrohre zu thermoaktiven erdberührten Bauteilen geworden sind. Beispielsweise Schlitzwände, Bohrpahlwände, Schachtbauwerke aus Beton und Betonkanäle.

3 Energiespeicherung mit BTA

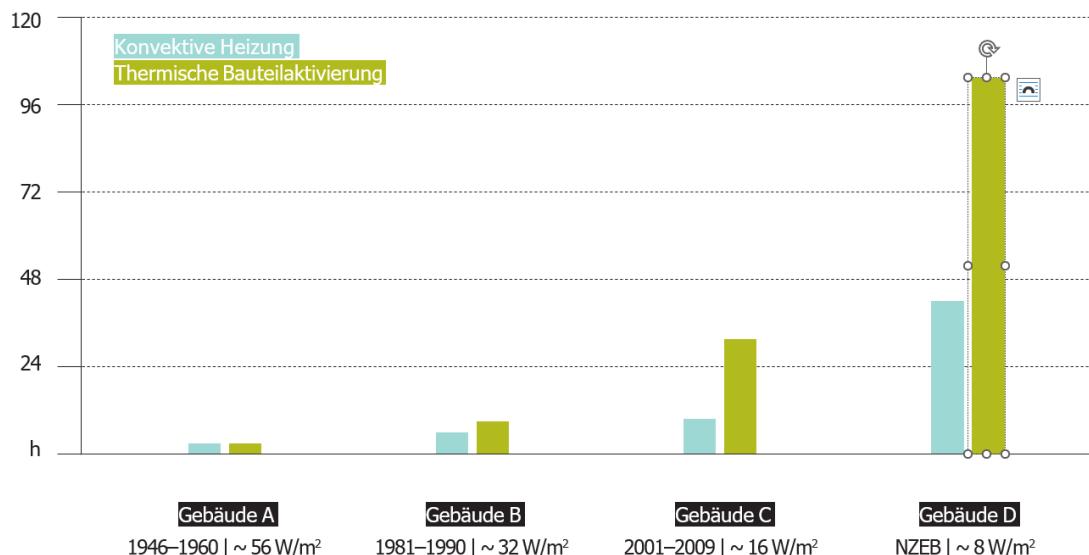


Abb. 8 | Vergleich. Im Gebäude B, mit einer Heizleistung von ca. 32 W/m^2 , sinkt die Raumtemperatur in 3 h von 22°C auf 20°C ab; dagegen im sehr gut gedämmten Gebäude D dauert der Temperaturabfall 42 h. (© Fact Sheet Thermische Bauteilaktivierung)

Gebäude in Massivbauweise haben unabhängig vom energetischen Standard und Art des Wärmeabgabesystems eine bestimmte Speicherkapazität. Wobei gilt: Je besser das Gebäude gedämmt ist, desto länger kann die gespeicherte Wärme die Raumtemperatur im Komfortbereich halten (siehe Abbildung).

vorhandene
Speicherkapazität
nutzen

Die Bewirtschaftung der Speicherkapazität erlaubt eine stärkere Nutzung von Solarthermie, Photovoltaik, Kleinwindkraft, Kleinwasserkraft, erneuerbarem „Überschussstrom“ aus dem Netz in Verbindung mit Wärmepumpen; die Energieabgabe kann zeitlich um einige Stunden oder Tage verschoben werden (Lastverschiebung, Nutzung von Strom netzdienlich und zu Zeiten mit niedrigen CO_2 -Emission)

Lokal erzeugte
erneuerbare
Energie

Leistungsverschiebungen können, wie im Stromnetz, auch Wärmeerzeugungsanlagen und Netzinfrastrukturen entlasten. Zusätzlich zur Nutzung der Speicherkapazität des Bauteils ist aufgrund der niedrigen Vorlauftemperaturen, auch ein Anschluss an das Fernwärmennetz mit einer Versorgung aus dem Fernwärme-Rücklauf eine interessante Option, um sowohl den Wirkungsgrad als auch die Netzeistungskapazitäten zu erhöhen.

Flexibilisierungs-
optionen in
Mikro-, Nah- und
Fernwärmennetz

Die Speichermassen bieten eine einfach umzusetzende und energieeffiziente Kühlfunktion. So kann der Erdkörper eines Feldes mit Erdwärmefestsonden saisonal genutzt werden. Die eingespeicherte Abwärme aus der sommerlichen Kühlung verbessert den Wärmegewinn in der Heizsaison. Wärmepumpen arbeiten so deutlich effizienter. In den nächsten Jahren werden die durch den Klimawandel bedingten steigenden

Außentemperaturen, eine Gebäudekühlung erforderlicher machen. Aus diesen Gründen besteht Interesse an der verstärkten Aktivierung vorhandener Speichermassen.

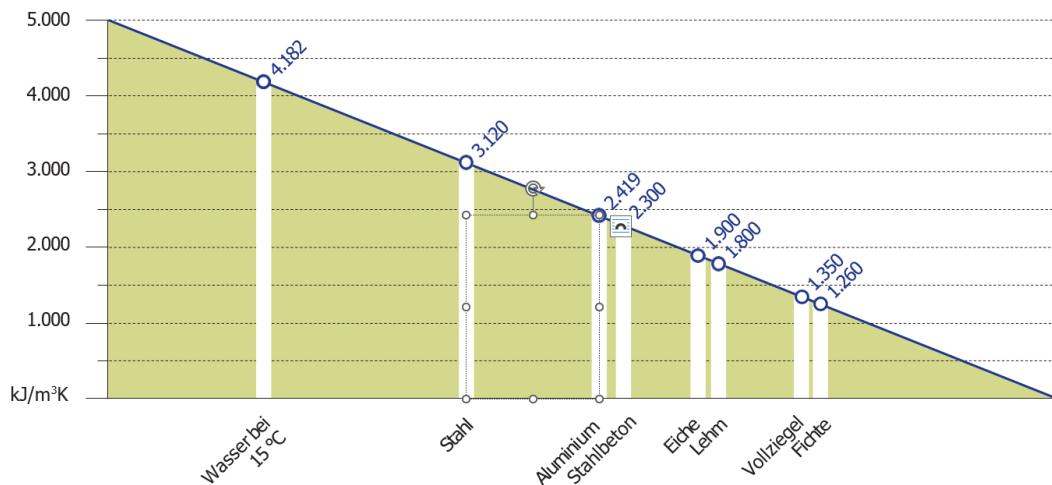


Abb. 9 | Die Wärmespeicherzahl s in Kilojoule [kJ] gibt an, welche Wärmemenge erforderlich ist, um 1 m³ eines Stoffes um 1 Kelvin zu erwärmen [kJ/m³K]. Sie berechnet sich aus der spezifischen Wärmekapazität multipliziert mit der Dichte. (© Fact Sheet Thermische Bauteilaktivierung)

Energiespeicher- kapazitäten in Zahlen

Der Energieinhalt eines Körpers kann mit Erhöhung seiner Temperatur gesteigert werden. Wasser hat eine besonders hohe Wärmekapazität und ist daher ein optimaler Wärmespeicher. Jedoch ist die Integration von großen Wasserspeichern in Wohngebäuden sehr aufwändig. Bezogen auf das Volumen kann Beton, etwas mehr als die Hälfte der Energiemenge von Wasser speichern, Fichtenholz nur knapp ein Drittel.

Wärmespeicherzahlen (s) im Vergleich:

- Wasser: 4.182 kJ/m³K
- Fichtenholz: 1.260 kJ/m³K
- Stahlbeton: 2.300 kJ/m³K

Eine völlig gleichmäßige Erwärmung einer massiven Stahlbetondecke ist nicht möglich. Das theoretische Speichervermögen kann also nicht zur Gänze ausgenutzt werden.

Wieviel Energie wird in einer aktivierten Decke tatsächlich gespeichert?

Zur Abschätzung wird empfohlen, die nutzbare Wärmespeicherkapazität z. B. für eine Betondecke von 25 cm mit üblichen Fußbodenaufbau mit 0,11 bis 0,14 kWh/m²K anzusetzen (pro m² Deckenfläche).

Beispiel: 100 m² aktivierte Decke

Die Temperatur wird von 21°C auf 25°C erhöht, damit werden ca. 50 kWh Wärme gespeichert (Orientierungswert). Hier kommt die Bedeutung der thermischen Qualität des Gebäudes zum Tragen. Je nach energetischem Gebäudestandard ermöglichen 50 kWh (entspricht etwa 5 l Heizöl oder 5 m³ Erdgas) die Beheizung für mehrere kalte Tage oder nur für einige Stunden.

4 Energiekonzepte für ein Gebäude mit BTA

Der zunehmende Ausbau von Wind- und Solarenergie macht es notwendig, dass die Zeiten der Stromnutzung flexibler werden. Auf Grund einer EU-Vorgabe sind deshalb neue Tarifmodelle für Flexibilität in der Abnahme von Strom zu erwarten.

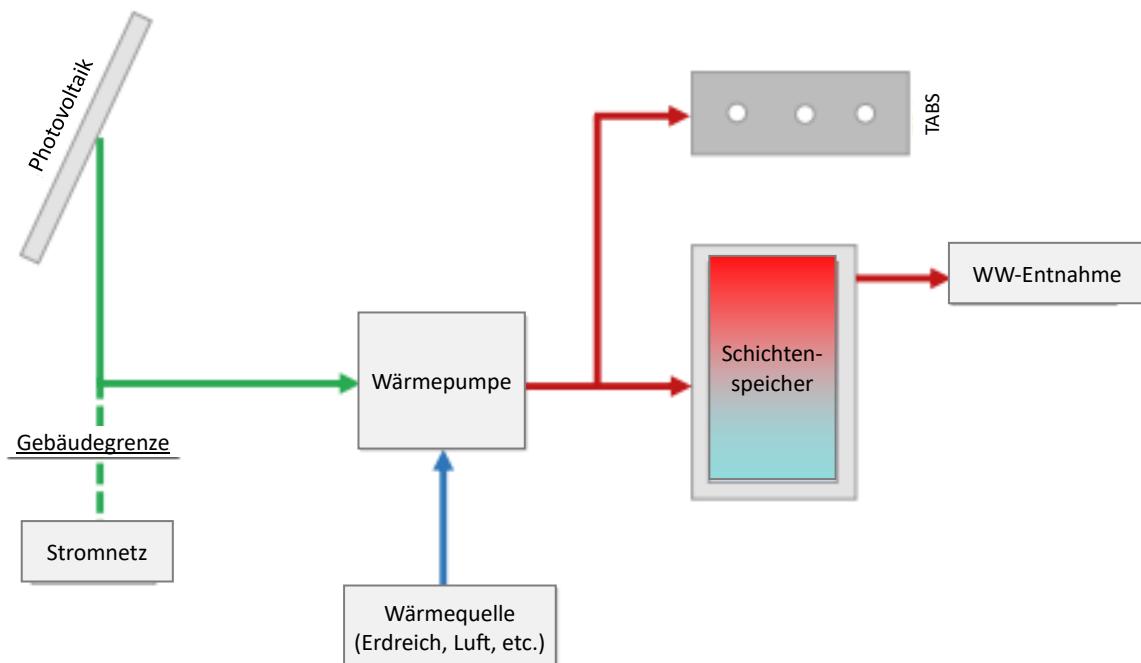


Abb. 10 | Anlagenschema Photovoltaic-Heat Pump-BTA (©Simon Handler)

Erneuerbare Energie, die lokal auf dem Grundstück bzw. am Gebäude erzeugt wird – **Zukunftsorientiert** Solarthermie, Windenergie, PV in Kombination mit Wärmepumpen, photovoltaisch-thermische Hybridkollektoren (PVT-Kollektoren), Kleinwasserkraft, etc. – kann mit einer BTA besser genutzt werden.

Durch die Speicherfähigkeit und die niedrige Betriebstemperatur ist die Bauteilaktivierung prädestiniert für die Zwischenspeicherung von Energie, die dann zu einem hohen Anteil auch lokal verbraucht werden kann (hoher Eigenverbrauchsgrad).

Eine neue Option sind „Lokale Energiegemeinschaften“, die die selbst erzeugte Energie in einem Zusammenschluss von mehreren Gebäuden und Verbrauchern optimal verteilen und auch abrechnen.

5 Anforderungen an die Bauteile

Nationale und internationale Normen

Bei der Installation von Rohrleitungsanlagen sind alle geltenden nationalen und internationalen Verlege-, Installations-, Unfallverhütungs- und Sicherheitsvorschriften sowie die technischen Information des Systemherstellers zu beachten. Ebenfalls sind die geltenden Gesetze, Normen, Richtlinien, Vorschriften (z. B. DIN, ÖNORM, SIA, UNI, EN, ISO, DVGW, TRGI, VDE und VDI) sowie Vorschriften zu Umweltschutz, Bestimmungen der Berufsgenossenschaften und Vorschriften der örtlichen Versorgungsunternehmen zu beachten.

ISO 11855

Die **Normenreihe ISO 11855 gilt für integrierte Flächenheizungs- und -kühlsysteme mit Wasserdurchströmung in Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäuden** und kann angewendet werden für in Wände, Fußboden- und Deckenkonstruktionen flächenintegrierte Systeme ohne offene Luftspalte. Flächensysteme mit offenen Luftspalten, die nicht in die Gebäudestruktur eingebunden sind, werden nicht von ihr erfasst. Die Normenreihe ISO 11855 ist zudem gegebenenfalls für die Verwendung von anderen Flüssigkeiten als Wasser als Heiz- und Kühlmittel anwendbar. Die Prüfung von Systemen ist in der Normenreihe ISO 11855 nicht erfasst. Die beschriebenen Verfahren gelten nicht für beheizte oder gekühlte Deckenpaneele oder Träger und Balken.

Berechnung TABS nach ISO 11855-4

Die Norm ISO 11855-4 ermöglicht die Berechnung der Spitzenkühlleistung thermoaktiver Bauteilsysteme (TABS) auf der Grundlage von Wärmeeinträgen, wie solaren Wärmeeinträgen, internen Wärmeeinträgen und Lüftung, sowie in Hinblick auf Kühlergröße, Flüssigkeitsstrom und die Berechnung des wasserseitigen Bedarfs an Kühlleistung, die für das System vorgesehen ist.

Eigenschaften der thermisch aktivierten Decke

Eine wesentliche Anforderung an die thermisch aktivierte Decke besteht darin, dass im Heizbetrieb die von der Decke abgegebene Wärme dem darunterliegenden Raum zukommen soll. Analog soll im Kühlbetrieb die Wärme dem unterhalb der Decke liegenden Raum entzogen werden. Daher sind **an der Deckenuntersicht Materialien mit hohem Wärmedurchlasswiderstand unbedingt zu vermeiden**, da sie die Wärmeabgabe und -aufnahme der thermisch aktivierten Decke erheblich verringern würden.

Das Einbetten des Rohrsystems in eine Stahlbetondecke bewirkt, dass die Wärme vom Register sowohl nach unten als auch nach oben verteilt. Wie groß der Anteil des Wärmestroms nach Oben – also in die unerwünschte Richtung – am gesamten vom Register abgegebenen Wärmestrom ist, hängt vom Wärmedurchlasswiderstand des Bodenaufbaus auf der Stahlbetondecke ab.

Wohnungstrenndecken haben eine Trittschalldämmung. Der Wärmedurchlasswiderstand kann durch eine zusätzliche Dämmschüttung (ca. 5-10 cm) erhöht und somit der vom Rohrregister nach oben abfließende Wärmestrom stark reduziert werden.

Die oberste Decke bzw. Dachdecke muss sehr gut gedämmt sein und Wärmebrücken im Bereich der Attika sind zu vermeiden, da ansonsten im Winter vom Rohrregister nach oben zu viel Wärme abgegeben würde.

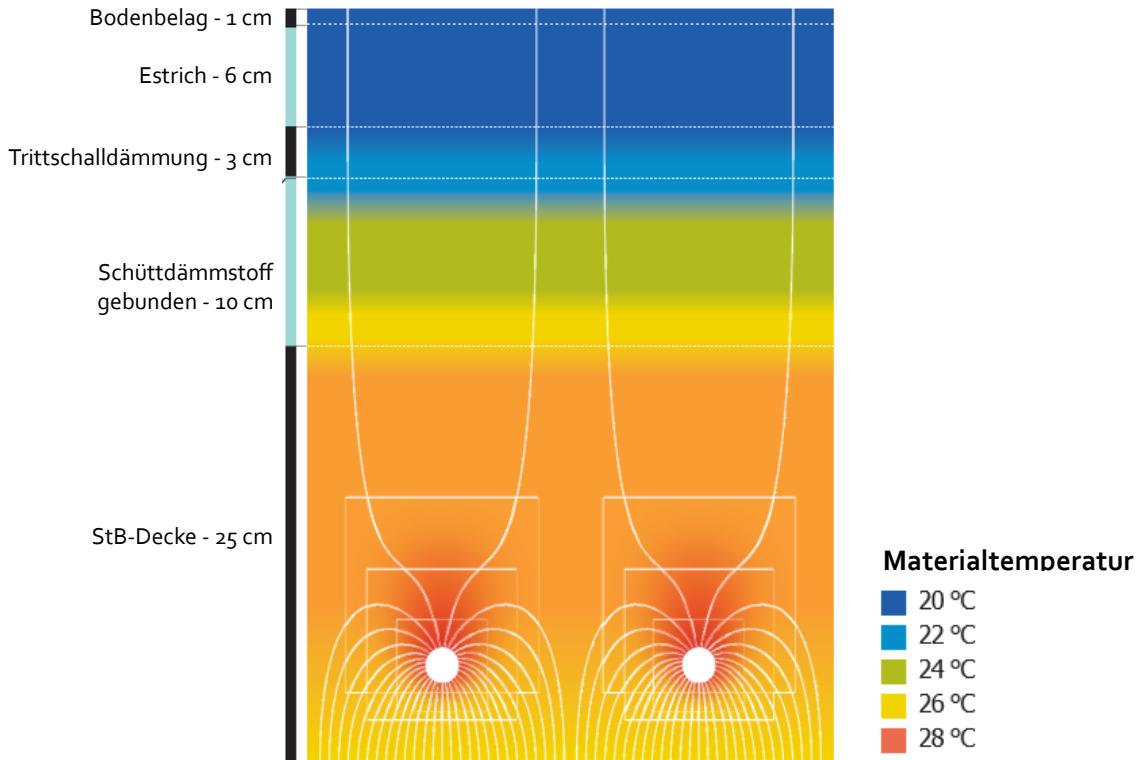


Abb. 11 | Temperaturverlauf und Wärmefluss durch einen Deckenaufbau (©: Klaus Krec)

Heizfall: Heizmitteltemperatur 28 °C; Raumlufttemperatur 20 °C.

Die Wärmeflusslinien zeigen, dass der überwiegende Teil, der vom Rohrsystem abgegebenen Wärme an den unter der Decke liegenden Raum abgegeben wird. Vergleiche haben dabei auch gezeigt, dass die Lage des Rohrsystems in der Decke (im Kern oder oberflächennah) keine große Rolle spielt.

Beispiel:
Wärmefluss in einer aktivierten Decke

Bei der Planung einer Aktivierung von Bauteilen ist zu beachten, dass bestimmte Zonen nicht aktiviert werden dürfen. Dazu gehören Bereiche mit hohem Lasteintrag und daher hoher Bewehrungsdichte, wie z. B. Stützenbereiche in Decken oder Montagebereichen der Decke für Trennwände oder andere Installationen. Dies ist besonders bei der oBKT zu beachten. Abgehängte Decken oder andere Verkleidungen, die die Abgabe der Strahlungswärme in den Raum verhindern, sind nicht zulässig.

DONT'S

6 Steuerung und Regelung

Regelungstechnik / Taupunkt- überwachnung

Bei der Regelung der Bauteilaktivierung (Heiz- und Kühldecken) ist der Winterfall und der Sommerfall unterschiedlich zu betrachten.

Im **Winter, bei Funktion als Deckenheizung**, wird i.d.R. zentral die Vorlauftemperatur geregelt. Dazu wird durch die zentrale Regelung (MSR: Mess-, Steuer- und Regeltechnik) in Abhängigkeit der Außentemperatur die Vorlauftemperatur variabel bestimmt. Die Behaglichkeitskriterien sollten dabei berücksichtigt werden. Im jeweiligen Raum sorgt ein Einzelraumregler (Controller, Raumbediengerät) je nach Bedarf für die Anpassung des Heizbedarfs durch Steuerung des Stellantriebes auf dem Regelventil.

Im **Sommer, bei Funktion als Deckenkühlung**, sind einige Besonderheiten zu beachten, die sich aus der notwendigen Berücksichtigung des Taupunktes und der Luftfeuchte im Raum ergeben.

Kontrolle der Vorlauf- und Raumtemperatur

Es muss technisch ausgeschlossen werden, dass es zu Kondensation an der Decke oder im Zwischendeckenbereich kommt. Dazu wird i.d.R. die Kühlwasservorlauftemperatur zentral nach der Außentemperatur und abhängig der Feuchte geregelt. Üblicherweise wird eine **Kühlwasservorlauftemperatur von 16°C** nicht unterschritten, um somit Kondensation an Kühldecken und Kaltwasserrohren weitgehend auszuschließen. Zusätzlich wird für jeden Raum eine Taupunktüberwachung benötigt. Dazu wird ein Taupunktfühler je Raum in die Einzelraumregelung eingebunden. Dieser sorgt für die sichere Abschaltung des Kühlwasserdurchflusses bei Gefahr der Tauwasserbildung auf der Decke, um so bei feuchten Wetterbedingungen oder hohen Feuchtelasten bauliche Schäden an der Decke zu vermeiden.

Lüftungsanlage mit Entfeuchtung

Die Kombination von **Kühldecken mit einer Lüftungsanlage** garantiert eine hohe Luftqualität bei optimalen Komfortbedingungen. Die Lüftung führt entfeuchtete und leicht unter Raumtemperatur vorgekühlte Luft in die Räume ein und transportiert die verbrauchte, feuchte Luft aus dem Raum wieder heraus. Der hygienische Luftwechsel wird dadurch ebenfalls sichergestellt. Eine mögliche Tauwasserbildung an der Kühldecke wird so nahezu vollständig vermieden, da die kritische Taupunkttemperatur unterhalb der Kühlwasservorlauftemperatur liegt. Die technischen Grundlagen dazu ergeben sich aus dem Mollier h-x Diagramm für feuchte Luft.

Empfehlungen für die Regelung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die u. g. Kombinationen die bestmögliche und zuverlässige Regelung von Heiz- und Kühldecken ermöglichen:

- Heiz-Vorlauftemperaturregelung nach Außentemperatur
- Kühl-Vorlauftemperaturregelung nach Außentemperatur und Feuchte
- Taupunktüberwachung je Raum
- Lüftungsanlage mit Feuchteregelung und hygienischem Luftwechsel

7 Planung einer BTA

Die Berechnung der **Heizlast** und **Kühllast** berücksichtigt die bauphysikalischen Vorgaben. In Kombination mit der Gebäudehülle wird schon im Vorfeld auch die Anlagentechnik erfasst und energetisch bewertet. Niedrige Systemtemperaturen im **Heizfall** und hohe Systemtemperaturen im **Kühlfall** sind dabei aus energetischen und ökologischen Gründen anzustreben.

Auf Basis der Heiz- und Kühllastberechnung sowie der Leistungskennwerte der in Frage kommenden Systeme kann dann die Systemauswahl erfolgen. Architektonische und technische Vorgaben sind dabei zu berücksichtigen.

Die Rahmenbedingungen für die Behaglichkeit werden für alle Heizsysteme in der Planung festgelegt. Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn die Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Temperaturunterschiede, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit innerhalb bestimmter Komfortgrenzen bleiben. Dies ist bei einer richtig geplanten und richtig ausgeführten Bauteilaktivierung gegeben, wenn auch die Gebäudehülle fehlerfrei und sehr gut wärmegedämmt ausgeführt wird.

Komfortbedingungen

Bei der Planung einer Bauteilaktivierung geht man meistens von einer **Raumtemperatur von 22 °C und einer Deckentemperatur von 26 °C** aus. Je mehr sich die Raumtemperatur der Deckentemperatur annähert, umso weniger Wärme gibt die Decke ab. Ist die Raumtemperatur gleich der Deckentemperatur kann das aktivierte Bauteil keine Wärme mehr abgeben. Diesen Effekt, der bei Heiz- und Kühlsystemen mit relativ niedrigen Betriebstemperaturen auftritt, nennt man **Selbstregaleffekt**. Bei entsprechenden Komfortanforderungen kann die Deckentemperatur flexibel angepasst werden, ohne dass der Komfort verringert wird.

Zur Überprüfung kann ein normativer Nachweis der Behaglichkeit hilfreich sein:
EN ISO 7730, EN 15251, für Info siehe www.bauteilaktivierung.info

In Gebäuden mit geringen Heizlasten ist eine aktivierte Decke ein komfortables Heizsystem. Es wird empfohlen, dass für die **alleinige Beheizung mit BTA die erforderliche Heizleistung nicht mehr als 25 W/m² betragen soll**. Dieser Wert ist meist nicht ohne kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung zu erreichen.

Heizlast – Komfort im Winter

Eine realitätsnahe Modellierung wird mit einer dynamischer thermischer Gebäudesimulation ermöglicht.

Luftwechsel

Für gute **Frischluftversorgung** ist eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung heute Stand der Technik. Dies ist besonders wichtig, da die heutigen Gebäude eine sehr **dichte Gebäudehülle** haben, um wärmeverluste zu minimieren (n_{50} deutlich unter 1,0/h). Ohne regelmäßigen Luftaustausch können bauphysikalische Probleme auftreten, wie die Ansammlung von Feuchtigkeit, Gerüchen, Schadstoffen oder anderem.

**Sonderräume:
Badezimmer**

Manchmal wird bei Flächenheizungen mit niedrigen Systemtemperaturen die Trägheit und das Fehlen einer spürbar warmen Heizung als Nachteil angesehen. Für besondere Anforderungen wie z. B. im Badezimmer, wo kurzzeitig höhere Temperaturen gewünscht sind oder auch Wärmebedarf in den Übergangszeiten und im Sommer besteht, kann ein Heizkörper/eine Fußbodenheizung installiert werden, die durch Einbindung in die Warmwasserbereitung oder direkt elektrisch betrieben werden könnte.

**Kühllast –
Komfort im**

Die große Fläche einer TBA macht es möglich, dass schon mit geringen Temperaturunterschieden eine angenehme Kühlwirkung erzielt wird. Die Temperierung über eine bauteilaktivisierte Decke ist hinsichtlich des Komforts deutlich günstiger als über einen gekühlten Fußboden. Die Kühlleistung ist allerdings beschränkt, es ist daher wichtig, dass andere Maßnahmen ebenfalls wirksam eingesetzt werden (Beschattung, Minimierung von Wärmequellen in der Wohnung, etc.) und das Gebäude die Mindestanforderungen für den sommerlichen Wärmeschutz erfüllt

**Empfehlungen
für die Nachweise****Kühllastberechnungen:**

- VDI 2078
- SIA 382/2
- ÖNORM H 6040
- KlimaHaus bzw. nationale Norm

Da die TBA noch nicht durch Normen geregelt ist, sind ggf. folgende Berechnungen und Nachweise zu empfehlen:

**Heizlast im
ungünstigsten
Raum**

- DIN EN 12831, bzw. thermische Simulation
- SIA 384.201, SIA 380/1
- ÖNORM H 7500-1, bzw. thermische Simulation
- UNI TS 11300 oder KlimaHaus

**Qualitätssicherung
in der Ausführung**

- DIN EN ISO 9972, Nachweis Luftdurchlässigkeit von Gebäuden
- SN EN ISO 9972, Nachweis Luftdurchlässigkeit von Gebäuden
- ÖNORM EN ISO 9972, Nachweis Luftdurchlässigkeit von Gebäuden
- UNI EN ISO 9972, Nachweis Luftdurchlässigkeit von Gebäuden und KlimaHaus Richtlinie "Blower-Door-Test"

8 Bauteilaktivierung in der Sanierung

Es gibt aber für die Gebäudesanierung die Möglichkeiten ein Flächenheiz- oder -kühlsystem nachzurüsten und damit zumindest den Vorteil niedrigerer Vorlauftemperaturen (im Kühlfall umgekehrt) und der Strahlungswärme zu nutzen. Allerdings befindet sich die nachträgliche Bauteilaktivierung noch im Forschungs- bzw. Versuchsstadium.

Eine gute Möglichkeit bei einer Sanierung, aufgrund der einfachen Montage an der Decke oder auf der Wand, sind z. B. Kapillarrohrmatten mit einer Höhe von ca. 5 mm oder Gipskarton mit integrierten Rohrleitungen bzw. elektrischen Heizelementen. Gleich wie die „konventionelle Bauteilaktivierung“ im Neubau benötigen diese Systeme Vorlauftemperaturen von 25-30°C, was den Einsatz dieser Systeme speziell bei Sanierungen auf Niedrigenergiestandard oder nZEB attraktiv macht. Auch Nassputzsysteme mit „Rohr auf Schiene-Montagesystemen“ mit geringer Putzüberdeckung für Wand und Decke und Trockenbausysteme (von vorgefertigten Verlegeplatten, die beplankt werden können bis zu Rohr auf Gipskartonplatten fertig installiert) sind am Markt verfügbar. Mit speziellen Rohrmaterialien sind auch bei dieser Methode Aufbauhöhen von 2,5-3 cm möglich (Rohr inkl. Putzüberdeckung).

**Bausysteme
für die Sanierung**

Die „Wärmeeindringtiefe“ im Bauteil, die Oberflächentemperatur sowie die Reaktionsgeschwindigkeit auf veränderte Raumbedingungen (Änderung interner Lasten, Sonneneinstrahlung, etc.) werden vom Abstand der Rohre, dem Rohrdurchmesser, der Wärmeleitfähigkeit des Bauteils bzw. der Putzschicht und der Lage des Rohrregisters im Bauteil beeinflusst.

Einflussfaktoren
auf das System
und die
Wirksamkeit

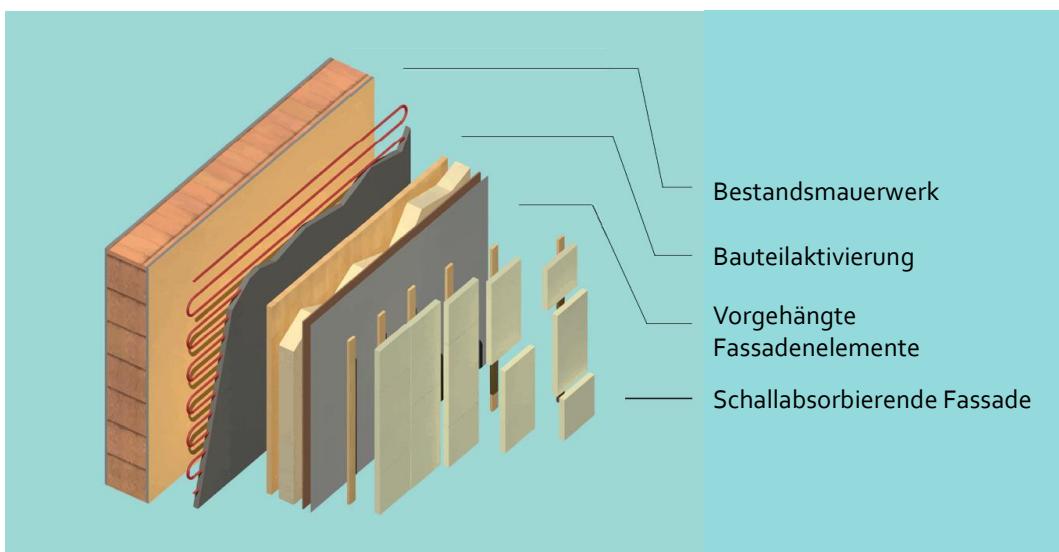


Abb. 12 | Beispiel Forschungsprojekt: „Smart Skin – Salzburger Multifunktionsfassade“
Sanierung eines bestehenden Wohngebäudes mit Bauteilaktivierung. Aufbringung von Rohrleitungen an der Außenwand und Anbringen einer vorgefertigten, wärmegedämmten Fassadenelementen aus Holzwerkstoffen. Zusammenarbeit der TU Wien mit der FH Salzburg und Partnern aus der Wirtschaft (© Rendering: Smart City Demo – Wohnen findet Stadt – FH Salzburg)

Die Bauweisen in Italien sind noch sehr traditionell verankert. In Bestandsgebäude sind generell Ziegelhohlsteindecken zu finden und diese werden auch heute noch in Neubauten eingebaut. Daher wurde eine thermische Simulation einer Ziegelhohlsteindecken mit einem darunter angebrachten Kühlpanneel durchgeführt. In der folgenden Grafik sind die Ergebnisse dargestellt.

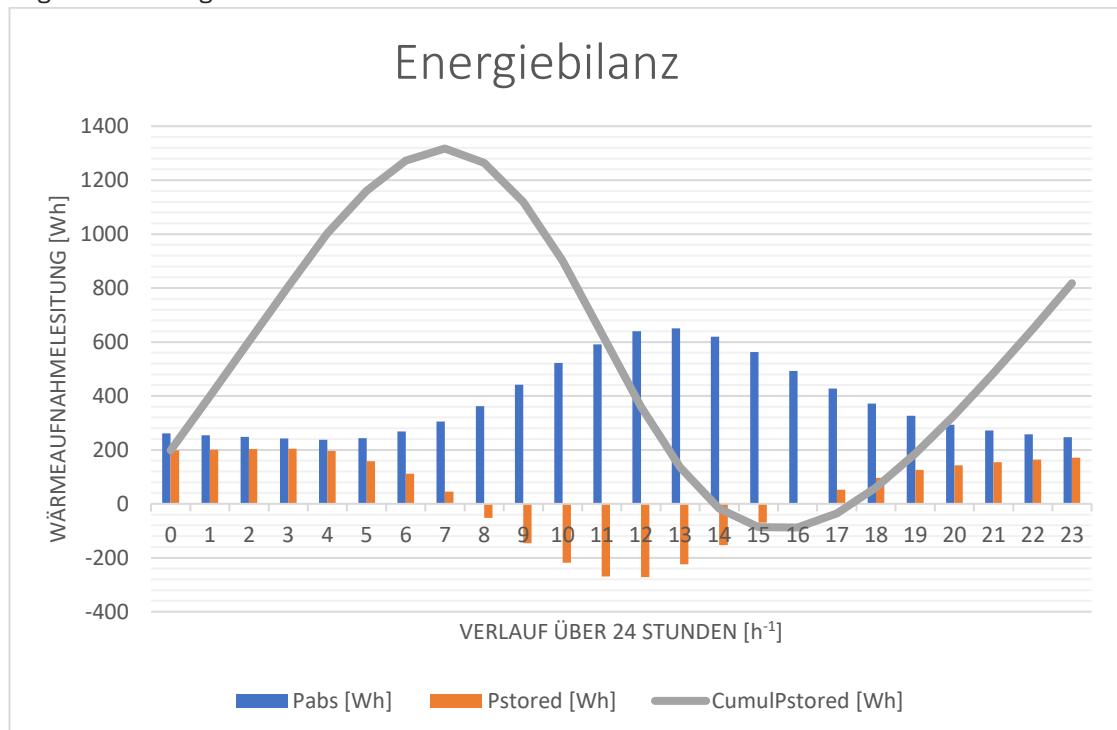


Abb. 13 | CFD-Simulation einer Ziegelhohlsteindecke mit Kühlpanneel (Software Ansys Fluent)

Wasser: Durchflussgeschwindigkeit 0,16kg/s, Vorlauftemperatur 18°C

Pabs: Wärmeaufnahmleistung des Wasser

Pstored: in der Decke verbleibende Wärmeleistung

CumulPstored: Summe der in der Ziegelhohlsteindecke gespeicherten Wärmeleistung

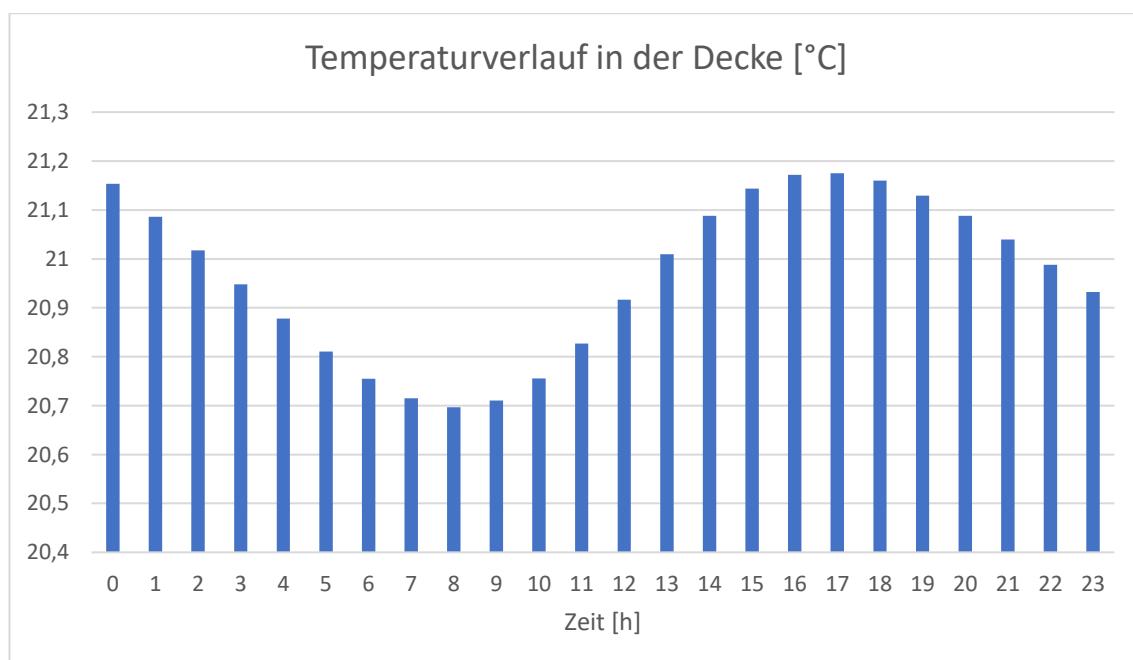


Abb. 14 | CFD-Simulation einer Ziegelhohlsteindecke mit Kühlpanneel (Software Ansys Fluent)

Die in der Decke verbleibende Wärmeleistung **P_{stored}** ist die Summe der aufgenommenen Wärme aus den Räumen über und unter der Decke, abzüglich der vom Wasser auf- und abgeführten Wärmeleistung **P_{abs}**. **CumulP_{stored}** zeigt die Summe je Stunde der in der Decke gespeicherten Energie.

Betrachtet man die Energiebilanz nach 24h, sind in der Summe ca. 9,1 kWh vom durchfließenden Wasser im Kühlpanneel aufgenommen worden. Die in der Decke verbleibende Wärmeleistung beträgt ca. 820 Wh.

Die vorhandene Wärmeenergie in der Decke (**P_{stored}**) ist in den Stunden, in denen der Spitzenenergiebedarf auftritt, negativ. Das bedeutet, dass in diesen Stunden die Kühlenergie des Wassers nicht ausreicht und die in den vorangegangenen Stunden gespeicherten Energie zur Kühlung der Räume herangezogen wird.

Gesamtbetrachtet zeigt die Simulation, dass die Kühlleistung ausreicht, um ein komfortables Raumklima zu erzeugen.

9 Kosten der Bauteilaktivierung



Abb.15 | Wohnanlage MGG22 (Wien,A): Heizwärme und Warmwasser wird über Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden erzeugt. Dafür wurden 30 Erdsonden von je 150 m Länge gebohrt. In 10-20 m Tiefe sind das ganze Jahr über gleichmäßige Temperaturen von 10-12 °C.

Im Heizfall wird die entzogene Erdwärme mit einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Im Kühlfall wird Wärme ins Erdreich geleitet und gleichzeitig regeneriert. (© A. Kromus, Z+B)

Baukosten

Der wesentliche Vorteil der BTA ist, dass das gleiche System sowohl für Heizung als auch für Kühlung genutzt werden kann. Dieser Vorteil wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen. Die komfortable Külfunktion kann quasi ohne Zusatzaufwand kostengünstig integriert werden.

Die reinen Baukosten für die Aktivierung von Bauteilen sind im Allgemeinen nicht höher als für Fußbodenheizungen, auf Grund der Einfachheit des Systems tendenziell eher niedriger. Allerdings fehlen noch Standardregelungssysteme für eine vorausschauende Regelung auf dem Markt. Daher ist hier noch mit Mehrkosten im Vergleich zu herkömmlichen Systemen zu rechnen.

Im Gewerbebau ist die Bauteilaktivierung im seit langem Standard, so daß es hier keine Preisunsicherheiten geben solte. Mehrkosten können anfallen, wenn der Wärmeschutz nur den Mindestanforderungen entspricht und verbessert werden muss, damit die Beheizbarkeit nur mit BTA sichergestellt ist und auch die Heizleistung niedrig gehalten werden soll. Der energetische Standard im Wohnbau (Neubau) sollte bereits so hoch sein, dass keine Verbesserung geplant werden muss.

Im Bereich der Planung ist mit höherem Aufwand für Koordination und zusätzliche Planungen zu rechnen.

Planungskosten

Für die Auslegung der BTA wird eine thermische Simulation empfohlen, da mit diesem Berechnungsverfahren jeder Raum einzeln betrachtet werden kann und man eine Aussage erhält, ob die Behaglichkeit auch bei längeren Kälteperioden gegeben ist. Diese Simulation gehört in der Planung für Wohnbauten noch nicht zum Standard, aber die Kosten können sich rasch bezahlt machen, wenn die BTA damit effizienter dimensioniert wird.

Die Energie- und Betriebskosten sind vergleichsweise günstig, das Risiko für hohe Energiekostenrechnungen ist mit einer BTA auf Grund der Energiemengen und der Flexibilität vergleichsweise gering (eine Bepreisung von CO₂, sowie höhere Kosten für Lastspitzen ist in den nächsten Jahren nicht ganz unwahrscheinlich).

Energie- und Betriebskosten

Die Betriebskosten für die Kühlung sind gering, da bereits mit dem Durchleiten von kaltem Wasser (free cooling) ein Effekt erreicht wird. Dafür muss lediglich Energie für die Umwälzpumpe aufgewendet werden. Ein Kühlbetrieb mittels Wärmepumpe ist bei höheren Kühllasten, solange kein Kondensat ausfällt, auch möglich. Dafür wird entsprechend der Leistungsaufnahme der Wärmepumpe beim entsprechenden Betriebszustand Strom benötigt, allerdings weniger als im Kühlbetrieb mit z. B. Splitgeräten.

Wartungskosten fallen für die BTA direkt keine an.

Geringe Temperaturbelastungen, hochwertige Leitungsmaterialien ohne Kupplungen und einbetoniert im Bauteil ermöglichen grundsätzlich ein wartungsfreies und langlebiges Wärme- und Kälteabgabesystem, auch wenn Hersteller keine Garantien über hundert Jahre geben.

Lebensdauer einer BTA-Anlage

Einbetonierte Elemente sind grundsätzlich gut geschützt. Sollte beim Verlegen oder Betonieren etwas beschädigt werden, wird dies bei der Druckprobe festgestellt und kann noch während der Bauarbeiten behoben werden. Das Anbohren der Rohrregister muss, wie auch bei Stromleitungen, verhindert werden.

Für das aktivierte Bauteil ist eine maximale Bohrtiefe anzugeben (z. B. 6 cm). Es ist aber möglich undichte Stellen in Rohrleitungen in Betonbauteilen mit mehreren Methoden zu orten und dauerhaft zu reparieren.

Die **Beiträge für Bauvorhaben mit der Technologie TAB ist in den Beschlüssen der Landesregierung** Nr. 1143 (Unternehmen) und Nr. 1144 (Privatpersonen) vom 19.12.2023 verabschiedet.

**Förderung
Beschlüsse
Nr. 1143 + 1143**

10 Behaglichkeit und Wohnkomfort

Die Anforderungen an moderne Gebäude liegen in hohem thermischen Komfort für den Nutzer, energiesparenden und umweltschonenden Betrieb, sowie niedrigen Investitions- und Betriebskosten. Einen großen Teil zum Erreichen dieser Anforderungen kann die Bauteilaktivierung leisten.



Behaglichkeit durch hohen Strahlungsanteil jedoch ohne „merkbare“ Heizung und Kühlung



Keine Turbulenzen und keine Staub-aufwirbelung



Ganzjährig angenehm temperierte Räume



Genaue Vorsichtsmaßnahmen beim Bohren in die Decke



Das Heizen ohne Heizkörper bringt die Möglichkeit einer besseren Raumausnutzung und Möblierbarkeit und verhindert eine „spürbare“ Wärmequelle im Raum

Behaglichkeit

Der Einbau des Heiz- und Kühlsystems in die Decke als ein großflächiges und homogenes Bauteil bietet anlagentechnische Vorteile. Die großen, aktivierten Flächen ermöglichen sehr niedrige Betriebstemperaturen und schaffen ein ausgeglichenes Raumklima, das sich durch hohe Behaglichkeit aufgrund des hohen Strahlungsanteils der Wärme- bzw. Kälteabgabe auszeichnet.

Heizung

Die geringen Temperaturunterschiede unterscheiden die Bauteilaktivierung von Heizungen mit punktueller Wärmeabgabe (z. B. Heizkörper), die aufgrund der weitaus größeren Temperaturunterschiede immer mit Luftbewegungen (Konvektion) und damit auch mit Staub verbunden sind.

Kühlung

Bei Kühlung mit einer herkömmliche Klimaanlagen wird die Wärme konvektiv mit Hilfe des Luftaustauschs aus dem Raum entzogen. Dabei kann es zu starken Zuglufterscheinungen kommen und zu trockener Raumluft. Beides Probleme, die bei der BTA systembedingt durch die Erwärmung bzw. Abkühlung der Raumflächen – statt der Raumluft – ausgeschlossen sind.

Diese Eigenschaften werden von Bewohnern bauteilaktivierter Gebäude als besonders angenehm bewertet.

11 Normen & Regelwerke

Aufzählung der Normen ist nicht vollständig.

- ISO 11855-4 Umweltgerechte Gebäudeplanung - Flächenintegrierte Strahlungsheiz- und -kühlsysteme - Teil 4: Auslegung und Berechnung der dynamischen Heiz- und Kühlleistung für thermoaktive Bauteilsysteme (TABS)
- DIN EN 1264 Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung
- DIN EN 12831 Heizsysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
- DIN EN 12828 Heizungsanlagen in Gebäuden. Planung und Installation von WarmwasserHeizungsanlagen- gem.Anhang B (informativ) Thermische Behaglichkeit
- DIN EN 14240 Lüftung von Gebäuden - Kühldecken - Prüfung und Bewertung
- DIN EN 14336 Heizungsanlagen in Gebäuden – Installation und Abnahme von Warmwasser-Heizungsanlagen
- DIN EN 15251 Eingangsparameter für das Raumklima zurAuslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- DIN EN 16798-3 Lüftung von Nichtwohngebäuden-Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme

- DIN EN ISO 7730 Gemäßigtes Umgebungsklima Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit (ISO7730:1994)

- DIN 1946-6 Erstellen eines Lüftungskonzepts ATV
- DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau
- DIN 4109 Schallschutz im Hochbau
- DIN 18380 Heizungsanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen

- VDI 2073-2 Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung
- VDI 207 (Kühllastberechnung) Berechnung von thermischen Lasten und Raumtemperaturen
- VDI 6031 Abnahmeprüfung von Raumkühlflächen
- VDI 6034 Raumkühlflächen-Planung, Bau und Betrieb
- VDMA 24186 Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden

- BLG 1143 Beschluss der Landesregierung vom 19.12.2023, Art. 13, g (Privatpersonen)
- BLG 1144 Beschluss der Landesregierung vom 19.12.2023, Art. 14, g (Unternehmen)

12 Literaturhinweise/Links

Innovationslandkarte

[https://www.zukunft-](https://www.zukunft-bau.at/innovationslandkarte)

[bau.at/innovationslandkarte](https://www.zukunft-bau.at/innovationslandkarte)

Die Innovationslandkarte der ZAB Zukunftsagentur Bau (www.) 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 Neubau Mehrfamilienhäuser, 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!

FactSheet Thermische Bauteilaktivierung, Klima- und Energiefonds www.klimafonds.gv.at

Planungsleitfaden Energiespeicher Beton: Thermische Bauteilaktivierung

www.nachhaltigwirtschaften.at

www.zement.at

Projektpartner

ZAB Zukunftsagentur Bau GmbH

www.zukunft-bau.at

BI Bayern innovativ GmbH

www.bayern-innovativ.de/de

BETONSUISSE Marketing AG

www.betonsuisse.ch

Innovation Salzburg GmbH

www.innovation-salzburg.at

Technische Hochschule Rosenheim

www.th-rosenheim.de

Bildnachweise:

Progress Group

www.progress.cc/de

Betonkerntemperierung Rehau

www.rehau.com

Nützliche Links:

Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V.

www.flaechenheizung.de

Bundesverband Geothermie

www.geothermie.de

Betonkerntemperierung Rehau

www.rehau.com

Fachhochschule Salzburg

www.fh-salzburg.ac.at



Co-funded by
the European Union

Alpine Space

Cool*Alps

This project is co-funded by the European Union through the Interreg Alpine Space programme.