



White Paper  
Klimadecken mit Massenanbindung  
– Funktionsprinzipien und Vorteile

White Paper

# Klimadecken mit Massenanbindung – Funktionsprinzipien und Vorteile

Die thermische Bewirtschaftung der Raumumschliessungsflächen, insbesondere der Betondecke, kann einen wichtigen Beitrag zum energieeffizienten Betrieb eines Gebäudes leisten. Wird diese «Massenanbindung» beim Betrieb von Klimadecken miteinbezogen, ist ein vertieftes Verständnis über die Funktionsprinzipien der unterschiedlichen Varianten am Markt unerlässlich.

Aufgrund des eigenen Klimalabors mit massiver Betondecke und der darin durchgeführten zahlreichen Messungen mit unterschiedlichen Produkten und Einbausituationen, verfügt Barcol-Air über ein solides Wissen im Zusammenhang mit der Massenanbindung und möchte die wichtigsten Erkenntnisse in diesem White Paper teilen.

Das White Paper nimmt Stellung zu folgenden Fragen:

- Massenanbindung – Definition und Vorteile
- Funktionsprinzipien verschiedener Systeme
- Welche Systeme eignen sich gut zur Massenanbindung, welche weniger
- Der richtige Betrieb einer Klimadecke mit Massenanbindung

Verfasser:



Thomas Burger, Leiter Technik, Barcol-Air Group AG

## Einleitung

Energieeffizienz und die nachhaltige Bewirtschaftung von Gebäuden ist ein zentraler Bestandteil bei der Auslegung von Gebäuden geworden. Neben den Kostenvorteilen, die der energieeffiziente Betrieb von Klimadecken bietet, verlangt der Gesetzgeber in gewissen Ländern, wie etwa in der Schweiz, einen immer höheren Integrationsgrad der Gebäudemasse in die Energiebetrachtung eines Gebäudes.

Verschiedene Klimadeckensysteme ermöglichen die Anbindung der Masse an das Klimatisierungskonzept des Gebäudes. Dabei verlangen die verschiedenen Lösungen nach einer Bewertung und Kategorisierung. Hierzu soll dieses White Paper einen Anstoss liefern und folgende Fragen beantworten:

- Wie definiert sich die Massenanbindung?
- Welche Vorteile bieten Klimadeckensysteme mit Massenanbindung?
- Wie funktionieren die unterschiedlichen Systeme am Markt, wo liegen ihre Vor- und Nachteile?
- Wie müssen Klimadecken mit Massenanbindung betrieben werden, um ihr volles Potential auszuschöpfen?

## Inhalt

Massenanbindung – Die Gebäudehülle als Energiespeicher.....	4
Wie funktionieren herkömmliche Klimadeckensysteme ohne Massenanbindung?.....	5
Wie funktionieren Klimadeckensysteme mit Massenanbindung?.....	6
Welche Vorteile bieten Klimadeckensysteme mit Massenanbindung?.....	7
System: Massenanbindung über wasserführende Rohre.....	8
System: Massenanbindung über Luft und Strahlung.....	9
System: Massenanbindung über Strahlung.....	10
System: Betonkerntemperierung.....	11
Zusammenfassung.....	12
Fazit.....	13

## Massenanbindung – Die Gebäudehülle als Energiespeicher

Jeder Körper besitzt eine Wärmekapazität – also die Umsetzung von Energie in Wärme. Neben dem, jedem Stoff oder Stoffgemisch eigenen Wärmekoeffizienten ( $c$ ), welcher in Tabellen nachgeschlagen werden kann, setzt sich der Grad der Umsetzung von Energie ( $Q$ ) in Wärme ( $T$ ) ausserdem aus der Masse ( $m$ ) eines Körpers zusammen. Deshalb erwärmen sich massereiche Körper bei gleichem Energieeintrag weniger stark als massearme Körper.

$$\Delta T = \frac{Q}{m * c}$$

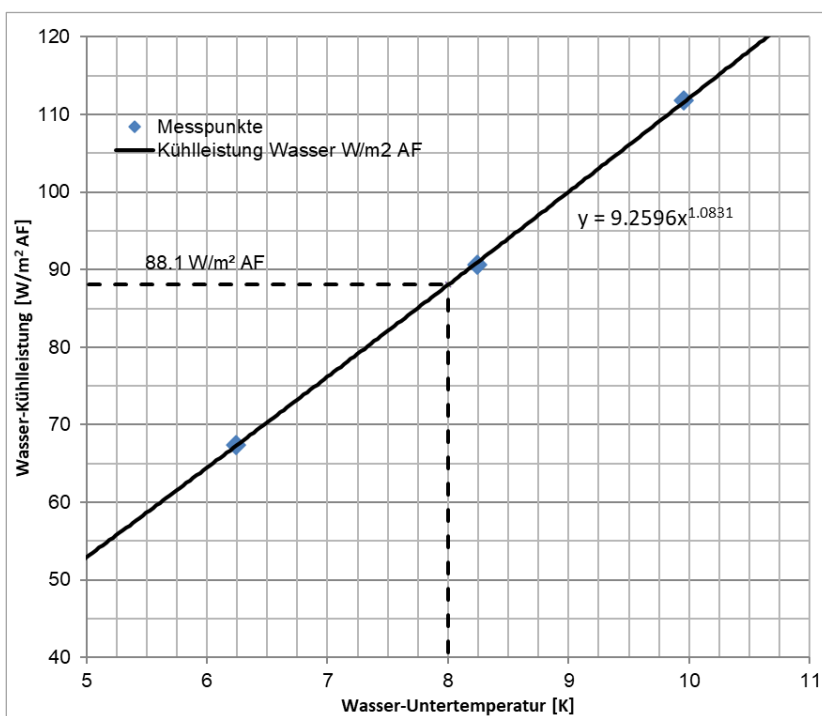
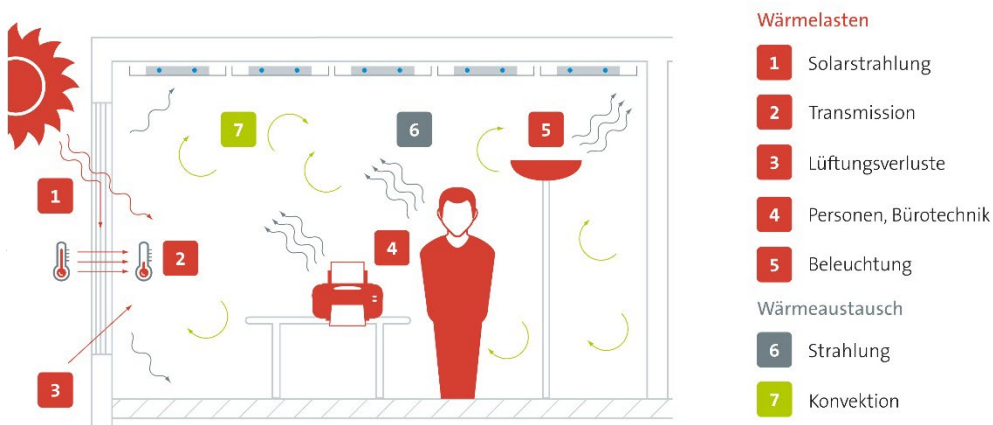
Gebäude mit gemauerten Wänden und Decken aus Vollbeton erwärmen sich bei hohen Wärmelasten langsamer, als Gebäude, deren Wände aus einer Metallkonstruktion, Holz, Gipskarton und Glas bestehen. Deshalb wird die Bauschwere von Gebäuden laufend erhöht, um kurzfristige Hitzeperioden oder Kälteeinbrüche ohne zusätzliche Klimatisierung bewältigen zu können. Massive Gebäude bleiben in ihrer Temperatur eher stabil, wie zum Beispiel alte Kirchen oder Bunker.

Ist die Energie aber erst einmal im Beton drin, z.B. nach einigen Tagen einer Hitzeperiode, kommt sie durch die Luftbewegung im Raum alleine nicht so einfach wieder heraus. Jedoch kann die Gebäudemasse – in unserer Betrachtung die Betondecke – dafür genutzt werden, Lasten tagsüber zu speichern und nachts abzuführen, wenn sowohl die Energie günstiger als auch die Aussentemperatur tiefer ist. Damit lassen sich Kältemaschinen effizienter betreiben oder Gebäude sogar über freie Kühlung temperieren.



## Wie funktionieren herkömmliche Klimadeckensysteme ohne Massenbindung?

Die notwendige Kühlleistung einer Klimadecke wird normalerweise für die schlechteste Situation, die in einem Normjahr auftreten kann, berechnet. Das bedeutet, dass von einer maximalen Sonneneinstrahlung an einem besonders heißen Tag mit der maximal anzunehmenden Belegung im Büroraum ausgegangen wird. Die Kühlleistung wird dann in einem angenommenen Gleichgewichtszustand – oft 26 °C – und der sich dabei ergebenden Wasser- und Zuluft-Untertemperatur errechnet.



### Statische Wasserkühlleistung Ausgangsdaten für Diagramm

System: Metallkühlsegel mit Deckenplatte aus Stahl  
Aktivierung (Wassersystem): Kupferrohrmäander auf Aluminium-Wärmeleitschienen mit Abstand 100 mm, geklebt auf Vlies, ohne Akustikmatte  
Zuluftvolumenstrom: ohne

## Wie funktionieren Klimadeckensysteme mit Massenanbindung?

Zu berücksichtigen ist, dass zum Zeitpunkt der höchsten Raumtemperatur auch ein gewisser Anteil der Raumwärme in die Betondecke und die Mauerwände übergeht, sobald diese kälter sind als der Raum. Dieser Anteil lässt sich vergrößern, indem der Beton nachts zusätzlich vorgekühlt wird. Ausserdem ergibt sich in einem realen Raum immer ein Temperaturband über den Tag, welches z.B. zwischen 21 °C bei Arbeitsbeginn und 26 °C im Maximum schwanken kann.

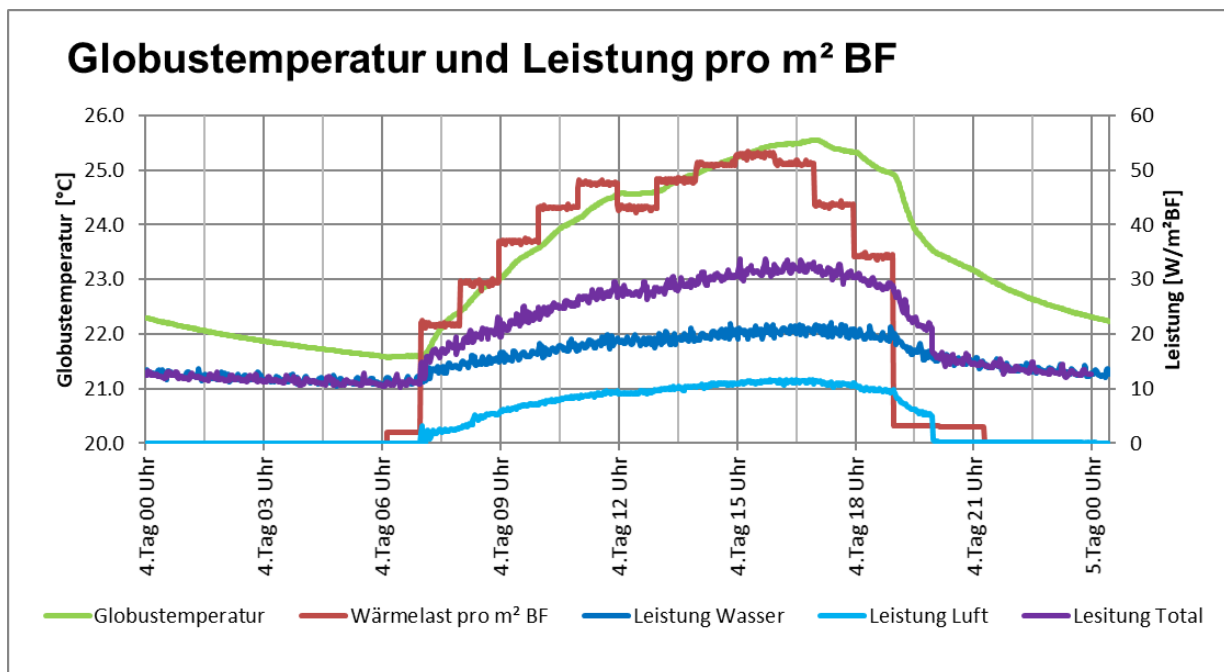
Beton nach erfolgter Nachtauskühlung



Beton am Ende des Tages, Entladung



In der realen Betrachtung ergeben sich somit dynamische Raumtemperaturen, die durch den Tag schwingen. Die tatsächliche Leistung der Klimadecke zum Zeitpunkt der maximalen Last muss sodann nur etwa 70 bis 80 % dieser maximalen Last betragen. Voraussetzung dafür ist, dass die Betondecke nicht vom Raum entkoppelt wurde – es muss ein Energieaustausch durch freie Betonflächen erreicht werden können. Dies ist vor allem bei KühlsegeIn gegeben.



## Welche Vorteile bieten Klimadeckensysteme mit Massenanbindung?

### Energieeffizient

Vorausgesetzt, eine Klimadecke mit Massenanbindung wird korrekt betrieben und geregelt, kann sie über einen grossen Teil des Jahres (exklusive der Hitzewellen) ausschliesslich im Nachtbetrieb und im Free-Cooling-Modus laufen. Die reduzierten Wärmelasten ausserhalb einer Hitzewelle können dann durch die Gebäudemasse bis in die Nacht zwischengespeichert, und durch den hygienisch notwendigen Luftvolumenstrom bereits während des Tages teilweise abgeführt werden.

Um Free-Cooling betreiben zu können, muss die Aussentemperatur 2 K unter der Vorlauftemperatur des Wassers liegen. Selbst während der Hitzeperioden ist so die durch den Tag aufzuwendende Energie gegenüber herkömmlichen Systemen stark reduziert und der COP-Wert<sup>1</sup> der Kältemaschine in den Nachtstunden deutlich höher als tagsüber.

### Umweltschonend

Durch die Erhöhung des COP-Wertes der Kältemaschine sinkt der elektrische Anteil an der Kälteproduktion erheblich. Sobald mit Free-Cooling verfahren werden kann, ist neben der Pumpenleistung keine elektrische Energie zur Kälteproduktion notwendig. Dies führt zu einer drastischen Verbesserung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses.

### Kosteneffizient

Insgesamt resultieren folgende kostenseitigen Verbesserungen:

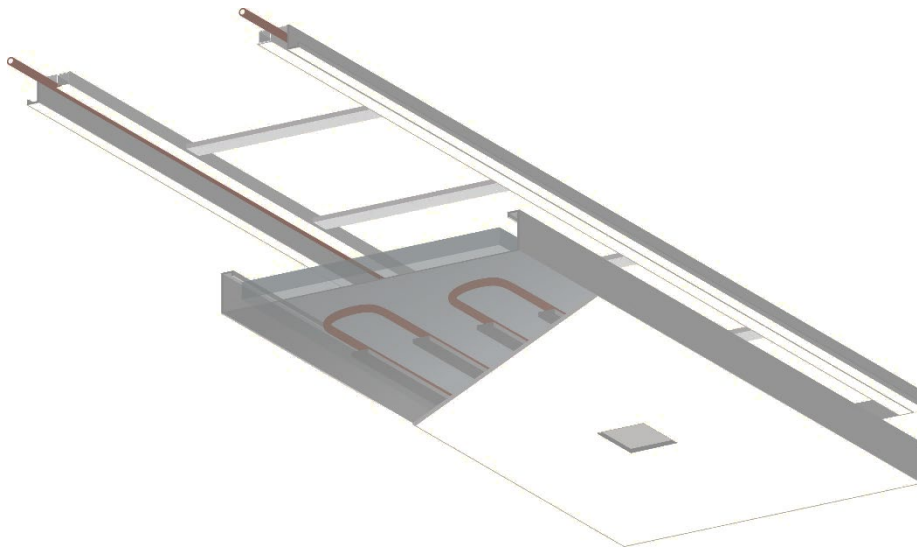
- Tiefere Investitionskosten durch kleiner dimensionierte Kältemaschine und kleinere oder weniger Kühlregister auf den Deckenplatten bzw. kleinere Deckensegel.
- Tiefere Betriebskosten durch tiefere Energiekosten, da ein grosser Teil der Energiekosten zum Nachttarif anfallen.
- Höhere Vorlauftemperatur durch geringere, über den Tag abzuführende Lasten möglich, dadurch besserer COP-Wert der Kältemaschine.

---

<sup>1</sup> Coefficient of Performance

## System: Massenanbindung über wasserführende Rohre

Bei der direkten Anbindung der Betondecke über wasserführende Rohre werden die Metalldeckenplatten in einen Rahmen eingehängt. Dieser Rahmen weist seinerseits wasserführende Rohre auf und wird direkt an den Beton geschraubt. So kann Energie aus dem Beton aufgenommen werden. Dieses Prinzip führt zu einer sehr starken nächtlichen Abkühlung des Betons und einer hohen Leistung über die Massenanbindung.



Jedoch wirken sich diese Systeme nachteilig auf die Kühlleistung der Deckenplatte während des Tages aus. Kühldeckensegel können im allgemeinen eine hohe Kühlleistung erbringen, da ihre Oberseite mit der Raumluft in Kontakt steht. Wird jedoch die Kühldeckenplatte in einen geschlossenen Rahmen eingehängt, wird dieser Energieaustausch verhindert.

Im Weiteren wird das wasserführende Rohr des Rahmens und der Deckenplatte seriell durchströmt. Dadurch besteht im Winter die Gefahr einer Überhitzung des Raumes: Solange sich keine Personen im Raum befinden und keine solaren Lasten vorliegen (in der Nacht) wird seriell geheizt und dadurch der Beton miterwärmt. Betreten nun Personen den Raum oder die Sonne beginnt intensiv auf die Fassade zu scheinen, reduziert sich zwar die Heizleistung durch die Regelung der Heizdecke, die erwärmte Betondecke kann aber keine weitere Energie aufnehmen. Da die meisten Gebäude mit einer Nachtabsenkung der Raumtemperatur gefahren werden, tritt dieser Effekt aber meist nicht auf.



## System: Massenanbindung über Luft und Strahlung

Die Massenanbindung über Luft und Strahlung nutzt zwei unterschiedliche Effekte. Zum einen wird während des Tages der (hygienisch notwendige) Zuluft-Volumenstrom über die Klimadecke geleitet, sodass warme Raumluft entlang des Betons nachgezogen wird. Die dadurch recht hohe Geschwindigkeit der Luft am Beton führt zu einem grösseren Wärmeübergangswert und dadurch zu einer hohen Einbringung von Energie in den Beton während des Tages. Nachts wird die Zuluft wie bei herkömmlichen Systemen abgeschaltet. Die Kühlung der Klimadecke führt nun die über den Tag im Beton angesammelte Energie über Konvektion und Strahlung ab. Damit dieser Effekt vollumfänglich funktioniert, dürfen keine Mineralwollmatten zur Schallabsorption auf der Deckenplatte eingesetzt werden.

Situation am Tag:



Situation in der Nacht:



Der Vorteil liegt hier vor allem in einer über den Tag stark erhöhten Kühlleistung der Klimadecke, da die warme Raumluft neben dem Beton auch über die Kühlregister der Decke gezogen wird. Dies führt zu einer zusätzlichen Steigerung der Energieeffizienz und einer Reduktion der Investitionskosten für die Aktivierung.

Hierzu finden sich sehr unterschiedliche Systeme am Markt. Zu beachten sind vor allem die gleichmässige Luftführung über die gesamte Deckenfläche und eine Luftbewegung von der (warmen) Fassade in Richtung der Flurzone. Systeme, die in Richtung der Fassade ausblasen, weisen einen deutlich verminderten Effekt auf, da die wärmste Raumluft nicht zuverlässig auf die Oberseite der Deckenplatten geführt wird. Ausserdem kann Zuluft, die gegen die natürliche Raumluftwalze geblasen wird, zu Zugscheinungen führen.

## System: Massenanbindung über Strahlung

Es gibt Systeme, bei denen die Massenanbindung alleine über die Strahlung erfolgt, ohne dass ein unterstützendes Zuluftsystem genutzt wird.



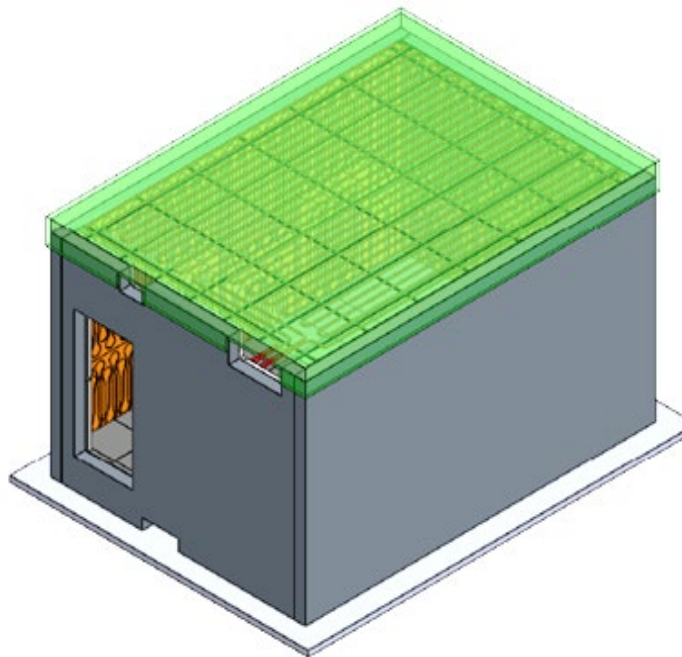
Während der Strahlungsaustausch die Betondecke nachts kühlen kann, findet tagsüber keine erhöhte Einbringung von Energie in die Betondecke statt. Der Effekt der Massenanbindung bleibt somit insgesamt beschränkt.

Zu berücksichtigen ist, dass auf der Oberseite der Deckenplatten angebrachte Mineralwollmatten, die häufig als Massnahme zur Verbesserung der Raumakustik eingesetzt werden, die Strahlungsleistung der Klimadecke in Richtung des Betons stark einschränken. Solche Akustikmatten sind jedoch zum Erreichen einer guten Raumakustik unabdingbar.

## System: Betonkerntemperierung

Auch wenn das System der Betonkerntemperierung (BKT) von demjenigen einer Klimadecke abweicht, soll es hier der Vollständigkeit halber betrachtet werden.

Bei der Betonkerntemperierung (auch als Betonkernaktivierung oder Thermische Bauteilaktivierung bezeichnet) werden Kunststoff- oder Kunststoffverbundrohre im Rohbau in die Betondecke eingelassen. Der Kontakt zwischen diesen wasserführenden Rohren und dem Beton ist dadurch sehr gut und die Wärme wird dem Beton direkt entzogen.



Auch wenn eine Betonkernaktivierung das Überhitzen eines Gebäudes effizient verhindert, so stellt sie doch hohe Anforderungen an die Regeltechnik. Neben einer deutlich niedrigeren Kühl- und Heizleistung gegenüber abgehängten Klimadecken, ist die Reaktionsgeschwindigkeit einer BKT-Decke auf plötzliche Laständerungen sehr langsam, da die Energie zuerst die gesamte Betonmasse durchqueren muss.

Zudem bestehen bei Bauten mit Betonkernaktivierungen keine Lösungsmöglichkeiten zur Unterbringung von Einbauten (wie Leuchten, Sprinkler usw.). Und, um die Raumakustik zu verbessern, muss häufig ein grosser Teil der Betondecke mit Deckensegeln belegt werden.

## Zusammenfassung

Die folgende Tabelle soll eine Übersicht zu den verschiedenen Systemen am Markt geben. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass sich diese Systeme wiederum in eine grosse Vielzahl verschiedener Lösungen aufteilen, welche hinsichtlich Nutzen und Kosten stark voneinander abweichen können.

System der Betonanbindung	Gezielte Betonmassen-anbindung	Konventionelle Betonmassen-anbindung	Strahlung	Betonkern-temperierung (BKT)
Energietransfer Tag-Nacht	++	+	-	++
Kühlleistung der Klimadecke	++	+	+	-
Möglichkeit von Einbauten	+	++	++	-
Zuluft integriert	++	+(+)	-	--
Akustiklösung	+(+)	+(+)	+	--

Legende Bewertungszeichen:

- ++ sehr gut
- + gut
- schlecht
- sehr schlecht

## Fazit

Eine genaue Betrachtung der verschiedenen Systeme am Markt lohnt sich. Eine effektive Anbindung der Betondecke an eine Klimadecke erfordert ein hohes Mass an Erfahrung und Planung. Es müssen hier noch Überlegungen zur Ästhetik und der Aufbauhöhe des Systems einfließen.

Insbesondere im Hinblick auf höhere Anforderungen der Energieeffizienz und der steigenden Energiekosten lohnen sich Systeme, welche die Gebäudemasse aktiv in das Klimatisierungskonzept einbeziehen.

Die Messung von Klimadecken mit Massenanbindung in Klimalaboren oder direkt «im Feld», also im realen Gebäude, ist eine unerlässliche Anforderung an die Erfahrung, die ein Anbieter von Klimadecken mitbringen sollte.

**Haben Sie Fragen? Kontaktieren Sie uns.** Die Spezialistinnen und Spezialisten von Barcol-Air stehen Ihnen gerne zur Verfügung.

Schweiz



**Barcol-Air Group AG**  
Wiesenstrasse 5  
8603 Schwerzenbach  
T +41 58 219 40 00  
F +41 58 218 40 01  
info@barcolair.com

**Barcol-Air AG**  
Wiesenstrasse 5  
8603 Schwerzenbach  
T +41 58 219 40 00  
F +41 58 218 40 01  
info@barcolair.com

**Barcol-Air AG**  
Via Bagutti 14  
6900 Lugano  
T +41 58 219 45 00  
F +41 58 219 45 01  
ticino@barcolair.com

Deutschland

**Barcol-Air GmbH**  
Bahnhofstrasse 39  
21614 Buxtehude  
T +49 4161 800 28 0  
F +49 4161 800 28 20  
verkauf-deutschland@barcolair.com

Frankreich

**Barcol-Air France SAS**  
Parc Saint Christophe  
10, avenue de l'Entreprise  
95861 Cergy-Pontoise Cedex  
T +33 134 24 35 26  
F +33 134 24 35 21  
france@barcolair.com

Italien

**Barcol-Air Italia S.r.l.**  
Via Leone XIII n. 14  
20145 Milano  
T +41 58 219 45 40  
F +41 58 219 45 01  
italia@barcolair.com

# barcolair.com

kompetent, umfassend, flexibel, effizient