

Martin Endhardt  
Thomas Farion

# Das Passivhaus

BAUEN FÜR DIE ZUKUNFT

Öffentliche Gebäude  
und Gewerbebauten  
in Passivhaus-Bauweise



Hrsg: Martin Endhardt  
Thomas Ludwig Farion

# Das Passivhaus

Öffentliche Gebäude  
und Gewerbebauten  
in Passivhaus-Bauweise

## **Impressum:**

© bei den Autoren

1. Auflage 2012

ISBN 978-3-943792-00-3

Hrsg.: Martin Endhardt, Günzburg

Erscheinungsort: Neu-Ulm

Layout: Hannelore Zimmermann, Waldemar Schindowski, Neu-Ulm

Titelbild: Gymnasium Wettenhausen

Druck: Digitaldruck leibi.de, [www.leibi.de](http://www.leibi.de)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich
---

# Inhalt

Wir bauen passiv!	_____ 7
Passivhaus-Standard ???	_____ 17
Was ist das Besondere an der Passivhaus-Bauweise	_____ 21

## 1 Öffentliche Gebäude

<b>Passivhaus-Qualität – Gute Gründe für eine Schule</b>	_____ 29
Grundschule in Günzburg	
<b>Turnhalle in Ehingen/Berg</b>	_____ 39
Sporthalle in Massivbauweise	
<b>Mittagsbetreuung am Gymnasium Wettenhausen</b>	_____ 47
Tagesheim mit Klassenräumen in Betonfertigteile-Bauweise	
<b>Realschule Poing</b>	_____ 55
Wir machen Schule - eine zukunftsweisende Investition	

## 2 Gewerbebau

<b>Heizwärme durch Arbeit</b>	_____ 61
Passivhaus-Bürogebäude in Dübelholz-Bauweise	
Der Mittelstand entdeckt das Passivhaus	_____ 71
<b>Büro und Gewerbegebäude</b>	
Betonfertigteilebauweise in Passivstandard	_____ 89
<b>Wir heizen das Haus sozusagen mit dem Föhn</b>	_____ 83
Wohn- und Geschäftshaus in Beton- und Massivholz-Bauweise	
<b>Sparkassen-Geschäftsstelle</b>	_____ 89
Betonfertigteile-Bauweise im Passivstandard	
<b>Gasthof mit Hotel in Passivhaus-Bauweise</b>	_____ 97
Der Komfort im Hotel sorgt für zufriedene Gäste	
<b>Die wohl erste Passivhaus-Apotheke Deutschlands</b>	_____ 107
Ärztelhaus mit Apotheke in Betonfertigteile-Bauweise	
<b>Kinderzentrum Krumbach</b>	_____ 111
Die Sanierung bestehender Gebäude und deren Verbindung mit einem neuen Gebäudeflügel im Passivbauweise	

## 3 Details

Thomas Farion	
<b>Das Green Code System – Thermowände und Klimadecke</b>	_____ 119
Franz Freundorfer	
<b>Das Passivhausfenster völlig neu entworfen</b>	_____ 141

## 4 Die Architekten und Autoren

Martin Endhardt	_____ 155
Thomas Ludwig Farion	_____ 158
Reinhard Zimmermann	_____ 160





**Thomas Farion**

**Baustoffwerk  
Hermann Rudolph GmbH**

## **Das Green Code System – Thermowände und Klimadecke**

Die anhaltend hohen, tendenziell weiter steigenden Preise für fossile Brennstoffe werden die Nachfrage nach energieeffizientem Passivhausbau verstärken – im privaten ebenso wie im öffentlichen Bereich. Ein Gebäude zu bauen, das nahezu keine Heizenergie benötigt, wird zunehmend attraktiver. Je stärker die Energiepreise steigen, desto schneller lohnen sich Mehrinvestitionen für Passivhäuser. Grundsätzlich kann jeder Neubau als Passivhaus geplant werden.

### **Anforderungen an die Gebäudehülle beim Passivhausstandard**

Der erste Schritt hin zum Passivhaus ist die deutliche Reduktion der Transmissionswärmeverluste durch die Außenbauteile. An die notwendigerweise hochwärmegeämmte Gebäudehülle werden hohe Anforderungen hinsichtlich der Dämmung, des Wärmebrückenverhaltens und der Luftdichtheit gestellt. Die Wärmedämmung opaker Bauteile ist eine der wichtigsten Maßnahmen beim Passivhausbau. Mit sinkendem U-Wert sinkt auch der Wärmeverlust durch das Bauteil.

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Außenwandkonstruktionen entwickelt, die passivhaustauglich sind. Vom altbekannten Wärmedämmverbundsystem über den Schalungsstein bis zur hochwärmegeämmten Holzfassade. Noch viel zu wenig bekannt sind die Vorteile einer Gebäudehülle aus Betonfertigteilen mit Kerndämmung, den so genannten „Thermowänden“. Im Endzustand bilden die Thermowände mit den bauseitig eingebauten Fenster und Türen eine energieeffiziente Gebäudehülle. Zur Raumklimatisierung kann die energiesparende Klima-



Sporthalle, Puchheim



Firmengebäude Fachmarktzentrum, Sonthofen

decke genutzt werden. Beides – Thermowand und Klimadecke – werden vom Baustoffwerk Rudolph in ganzheitlicher Konzeption mit dem *Green Code® System* hergestellt.

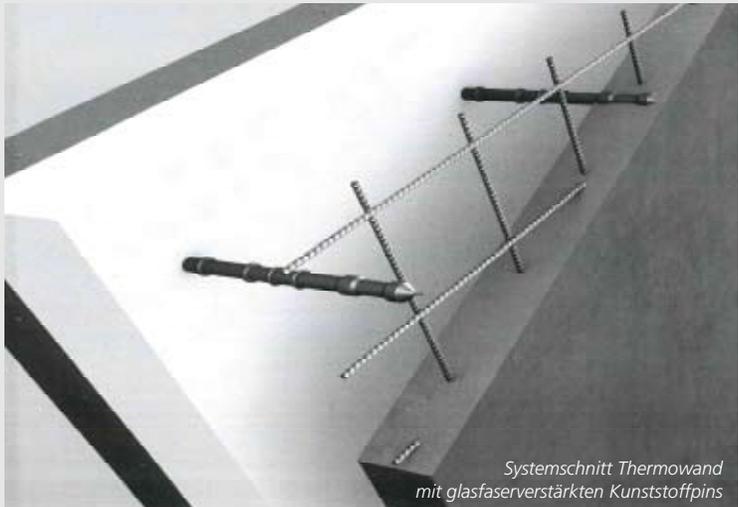
Dieser Beitrag will die Bauweise mit Betonbaufertigteilen aus der automatisierten Vorfertigung interessierten Architekten, Ingenieuren und Bauherren näher bringen, Grundlageninformationen vermitteln, Planungshilfen mit Leitdetails geben, Vorteile der Bauweise erläutern und die Herstellung der Produkte anhand bereits gebauter Objekten zeigen.

Die Hinweise zur Planung und Ausführung sowie die Leitdetails zur Herstellung im Werk und zur Montage auf der Baustelle orientieren sich an wirtschaftlichen Aspekten. Das Verständnis für die Möglichkeiten der Ausformung und der Fügung der Elemente ist eine wichtige Grundlage zur Planung eines qualitativ und wirtschaftlich hochwertigen Gebäudes aus Bauteilen der automatisierten Vorfertigung.

## Syspro-Thermowandsystem

*Aufbau im luftberührter Bereich mit einem U-Wert von 0,15 W/(m<sup>2</sup>xk): Die Schalens-verbinding erfolgt mit glaserverstärkten Kunststoffpins*

- Außenschale: 7 cm
- Innenschale: 6 cm
- Kernbeton: 11 cm
- Dämmung: 16 cm  
WLG 022



Systemschnitt Thermowand mit glasfaserverstärkten Kunststoffpins

*Um Wärmebrücken weiter zu minimieren und den hohen Wärmedämmstandard bzw. U-Wert zu verbessern, wurde die Thermowand nochmals weiterentwickelt. Der Verbund der beiden Schalen kann heute mit glasfaserverstärkten Kunststoffpins anstatt den bisher verwendeten Edeltahlgitterträger ausgeführt werden. Bei dieser Ausführung verbessert sich der U-Wert*

*um 0,02 W/(m<sup>2</sup>xk) gegenüber der konventionellen Ausführung mit Edeltahlgitterträger. Im luftberührten Bereich kann somit ein U-Wert von 0,11 W/(m<sup>2</sup>xk) bei einer Wandstärke von 45 cm erreicht werden. Die neuentwickelte Ausführung mit glasfaserverstärkten Kunststoffpins wurde bauaufsichtlich zugelassen und wird künftig die Standardausführung sein.*

# THERMOWÄNDE IM PASSIVHAUSSTANDARD

Die Planung eines Bauvorhabens mit Thermowänden ermöglicht ein hohes Maß an Entwurfsfreiheit. Die Fertigung in den Syspro<sup>1</sup>-Werken ist auf kein festes Raster, wie etwa im Mauerwerksbau, festgelegt. Bestimmte Regeln für die maximalen Größen ergeben sich allerdings aufgrund der Produktionseinrichtungen und Transportmöglichkeiten.

Thermo-Doppelwände sind üblicherweise in Dicken von 36,5 cm bis 45 cm lieferbar. Die automatisierte Fertigung erlaubt eine auf das Bauvorhaben maßgeschneiderte Wandgeometrie. Dies trifft sowohl auf die Außenkonturen als auch auf die Öffnungen und Aussparungen zu. Spitze und stumpfe Winkel der Elementränder sind machbar.

Die Wandelemente sind in folgenden Einzelabmessungen ausführbar:

- bei Höhen bis 3,70 m: max. Länge = 9,30 m<sup>2</sup>
- bei Höhen über 3,70 m: max. Breite = 3,70 m

Die Außenwand eines Passivhauses sollte einen U-Wert von 0,15 W/(m<sup>2</sup>xk) nicht überschreiten. Eine Thermowand erreicht dies im luftberührten Bereich ohne Probleme (bei Gesamtwandstärken von 40 cm bzw. 45 cm und einer Dämmstärke von 16 cm – Wärmeleitgruppe 022). Mit diesem System kann sogar ein U-Wert von bis zu 0,11 W/(m<sup>2</sup>xk) erreicht werden. Um im erdberührten Bereich den Passivhaus-Standard zu erreichen, muss eine entsprechende Dämmung eingesetzt werden.

## ■ Dämmung

Für Thermowände werden Wärmedämmplatten – bestehend aus 100% FCKW- und H-FCKW-freiem Material – mit beidseitig weißer Glasvlieskaschierung werkseitig eingebaut. Der verwendete Resol-Hartschaum hat eine geschlossene Zellstruktur, die Wärmeleitfähigkeit des Materials beträgt 0,022 W/m<sup>2</sup>xk.

Da der Einbau der Dämmplatten im Werk eine optimale Qualitätssicherung gewährleistet, lassen sich die bekannten Improvisationen und Engpässe auf der Baustelle, die bei witterungsabhängigen Abdichtungs- und Dämmarbeiten auftreten können, vermeiden. Die Thermowände verlassen so in höchster Qualität das Werk.

Vorzeitig ermüdende Klebstoffe sind meist Schwachstellen von Wärmedämm-Verbundsysteme. Nach einschlägigen europäischen Leitlinien wird ihnen eine Nutzungsdauer von 25 Jahren zugeschrieben. Dieses Phänomen gibt es bei der Thermowand nicht, da der Dämmstoff komplett im Beton eingebettet ist und sich nicht ablösen kann. Außerdem ist die Dämmung auf diese Weise vor mechanischen Beschädigungen geschützt.

## ■ Beton

Die Betongüte der Schalen beträgt mindestens C20/25. Höhere Betonqualitäten und Ausführungen in WU-Beton sind möglich. Bei Thermowänden ist für die Außenschalen C30/37 üblich, für die Innenschale C25/30. In Weißen Wannen<sup>3</sup> empfiehlt sich ein Kernbeton mit langsamer Festigkeitsentwicklung in WU-Beton-Güte. Der Kernbeton ist in der Regel 10 cm dick, dünnere Kerne erfordern Fließbeton. Kernbetondicken von 7 cm müssen für die Zulassung als Syspro-Wände mit speziellen Beton-Rezepturen verfüllt werden.

1 In der Syspro-Gruppe Betonbauteile e.V. haben sich innovative Unternehmen zusammengeschlossen, deren Ziel es ist, die Qualität von Präzisionsbauteilen aus Beton auf höchstem Niveau zu gewährleisten

2 Fracht mit Innenlader

3 wasserundurchlässige Bodenplatten und Außenwände



## Vorzüge der Thermowand auf einen Blick

- **Oberfläche:** Thermowände haben produktionsbedingt beidseits eine hochwertige Betonoberfläche, sie ist schalungsglatt und entspricht DIN 18217. Im Allgemeinen ist werkseitig eine streich- und tapezierfähige Oberfläche realisierbar. Das Aufbringen eines Innenputzes kann entfallen. Der Putzflächenabzug von 3 % der Wohnfläche nach DIN erübrigt sich. Falls außenseitig kein Farbanstrich erfolgt, sollte zumindest eine Hydrophobierung der Wandflächen als Schutzanstrich vorgenommen werden.
- **Luftdichtheit:** Die Anforderung der Luftdichtheit der Gebäudehülle – wird konstruktionsbedingt – mit der Thermodoppelwand einfach erfüllt. Durch die Verbindung der Bauteile untereinander mit Betonverguss ist die Luftdichtheit nach DIN 4108-7 gewährleistet. Diese wird durch den „Blower-Door-Test“ nachgewiesen – das ist eine der Grundvoraussetzungen für die Passivhaus-Bauweise.
- **Angenehmes Raumklima:** Positiv auf das Raumklima wirkt sich auch die Speicherefähigkeit des Baumaterials aus. Relevant ist hier vor allem die Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Thermodoppelwände. Bei gleichbleibender Raumtemperatur dürfen sich diese Wandoberflächen im Sommer nicht sonderlich erwärmen, im Winter werden sie kaum abkühlen. Gerade für sommerlichen Wärmeschutz spielt die Wärmespeicherefähigkeit der verwendeten Baustoffe eine wichtige Rolle. Die Sonneneinstrahlung auf die Außenfläche verursacht tagsüber einen Temperaturanstieg der Wand, den massive Baustoffe wie Beton durch ihre hohe Wärmespeicherefähigkeit abpuffern. In der kühleren Nacht wird die gespeicherte Wärme wieder an die Luft abgegeben. Umgekehrt nehmen die inneren Wandoberflächen im Winter die Wärme der Raumluft auf und geben sie während der Nachtabsenkung der Heizungsanlage wie ein moderner „Kachelofen“ wieder ab. Massive Betonwände garantieren so im Tag-Nacht-Wechsel wie auch über das ganze Jahr hinweg ein angenehmes Raumklima.
- **Wärmebrücken:** Durch die durchgängige, werkseitig eingelegte Kerndämmung werden Wärmebrücken minimiert (bei Beachtung der Leitdetails).
- **Witterungsunabhängige Montage:** Auch in der kalten feuchten Jahreszeit können die Wandelemente montiert werden.

## ■ TRAGFÄHIGKEIT

Die Thermowand ist eine vorgefertigte Stahlbetonwand, deren Kern bereits mit Dämmplatten versehen ist. Sie sind im herkömmlichen Doppelwand-System aufgebaut. Zu diesem nunmehr seit über zwanzig Jahren etablierte Bausystem gehören Wände in Stahlbeton-Verbundbauweise, also Doppelwände aus bewehrten Betonfertigplatten, die nachträglich mit Ortbeton verfüllt werden. Die Betonfertigplatten der Thermowände sind 6 cm und 7 cm dick und mit Gitterträgern oder glasfaserverstärkten Kunststoffpins verbunden (siehe Abb. S. 120). Die Betonfertigteile-Platten enthalten bereits die statisch erforderliche Bewehrung für den Endzustand. Falls statisch erforderlich kann eine zweite Bewehrungslage werkseitig eingebaut werden. Nach dem Ausbetonieren auf der Baustelle wirkt der erhärtete Gesamtquerschnitt monolithisch, hierbei stellt die innere Betonfertigplatte der Thermowand und der Ortbetonkern die innere Tragschicht dar.

## ■ Elementierung

Die Einteilung der Wandelemente richtet sich nach der erforderlichen Geschosshöhen und den Krankapazitäten. Die Fugenverteilung hat auf die Tragfähigkeit der Gebäudekonstruktion im Endzustand keinen Einfluss. Notwendige Fixpunkte ergeben sich aufgrund der Gestaltungsvorgaben, der Bauwerksfugen, der Geschosshöhen, wegen geplanter Einbauelemente oder Anschlusskonstruktionen. In der Regel werden raumhohe Elemente eingesetzt.



## ■ Oberfläche

Auch ohne die buchstäbliche Definition von „Sichtbeton“ strapazieren zu wollen, mit Thermowänden gelingt oftmals die Realisierung einer wie Sichtbeton anmutenden Fassade. Zu beachten ist dabei, dass aus produktionstechnischen Gründen Schwankungen in den Oberflächenfarben auftreten können, Poren und Schattierungen können nicht ausgeschlossen werden. Ein gutes Gelingen erfordert eine frühzeitige Abstimmung zwischen Planung und Ausführung. Die Bauteile werden standardmäßig mit abgefasten Kanten ausgeliefert, andere Qualitäten sind lieferbar, müssen aber speziell vereinbart werden.

Während Transport, Montage oder den späteren Ausbuarbeiten kann es natürlich zu Beschädigungen der Oberflächen kommen. Auch äußere Einflüsse – wie beispielsweise Regen – können auch später noch farblichen Veränderungen der Oberflächen hervorrufen. Grundsätzlich ist eine hydrophobierende Imprägnierung zu empfehlen.

## Einbau auf der Baustelle

### ■ BAUABLAUF

Die Abläufe für den Einsatz der Thermowand – Transport, Montage, das Einbringen des Kernbetons etc. – sind bei allen Baustellen nahezu gleich. Die Montage kann direkt vom Lieferfahrzeug aus erfolgen, die Bauteile müssen also nicht noch irgendwo zwischengelagert werden.

Die Montagetechnik einer kerngedämmten Doppelwand erfordert keine besonderen Vorkehrungen. Es kann auch noch bei kühler und feuchter Witterung problemlos gearbeitet werden.

Die handwerklichen Tätigkeiten auf der Baustelle stellen selbst bei schwierigen Konstruktionen keine besonderen Anforderungen an das Geschick des Personals. Die einzelnen Handgriffe sind leicht zu erlernen, so dass sich rasch ein Serieneffekt einstellt. Darin unterscheidet sich diese Bauweise wesentlich von der mit Wärmedämm-Verbundsystemen, die wegen ihrer komplexen Zulassungen hohe Anforderungen an die Qualifikation des Personals stellen.

Wie bei jedem technischen Arbeitsablauf, sollte jedoch ein Vorarbeiter mit der Montageanleitung vertraut sein. Die Syspro-Gruppe stellt zur Unterstützung der Baustellenmannschaft eine leicht verständliche Montageanleitung in Wort und Bild zur Verfügung.

Eine gute technische und organisatorische Abstimmung zwischen Architekt, Statiker, Bauleiter und Baustoffwerk sorgt für einen reibungslosen Arbeitsablauf.

### ■ Montage und Betonieren

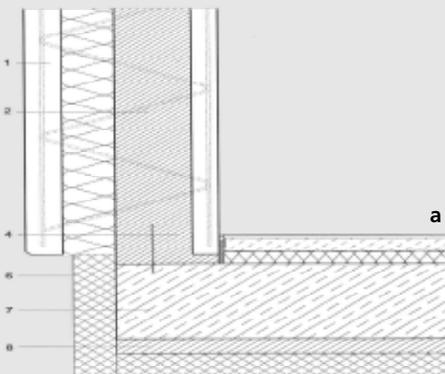
Der Einbau der Wände ist in zwei grundlegende Arbeitsschritte – Montage und Betonieren – einzuteilen. Die Montage wird in der Regel von einer Drei-Mann-Kolonne erledigt und umfasst drei wesentliche Teilschritte:

- Arbeitsvorbereitung: Aufreißen des Grundrisses, Einmessen der einzelnen Elemente, bei überdurchschnittlichen Fugenhöhen ggf. Verschalen horizontaler Fugen, Nivellieren der Unterlagsplättchen.
- Montage: anhängen und versetzen der Elemente, anbringen der Sprieße an die bereits im Element eingebauten Montagdübel und ausrichten der Wände.
- Betonierarbeiten umfassen die Teilschritte: Bewehren der Wandstöße (falls erforderlich), Aussteifen der Abschalungen, Betonieren und Verdichten, Entfernen der Sprieße und ggf. Abschalungen.

Das Einbringen des Betons ist wie bei einer konventionell geschalteten Wand nach DIN 1045 vorzunehmen.<sup>4</sup>

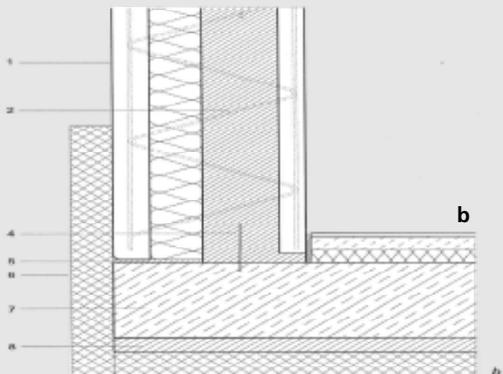
Bei einfachen Bauvorhaben wird meist in einem Arbeitsgang komplett montiert, es werden also auf einmal die Wände gestellt und die Decken

<sup>4</sup> Zu beachten ist, dass bei einer Kerndicke unter 10cm Beton mit Fließkonsistenz erforderlich ist. Die Einflüsse auf die Betoniergeschwindigkeit richten sich – wie beim Dimensionieren der Schalung und Rüstung im konventionellen Massivbau – nach DIN 18 218. Die möglichen Schütthöhen werden vom Lieferwerk angegeben. Die übliche Füllhöhe des Ortbetonkerns von 80 cm pro Stunde setzt normale Rahmenbedingungen (+ 20°C, Betonkonsistenz F3, normaler Erstarrungsbeginn) voraus. Abweichungen ergeben sich bei Frost, weicheren Konsistenzen als F3, Zugabe von Verzögern etc.



#### a Freihängende Schale

Wird die Last der oberen Geschosse über Kernbeton und Innenschale in die Fundamentplatte geleitet, so ist die Außenschale, um Wärmebrücken zu vermeiden, freihängend und damit nicht lastabtragend auszubilden.



#### b Lastabtragende Schale

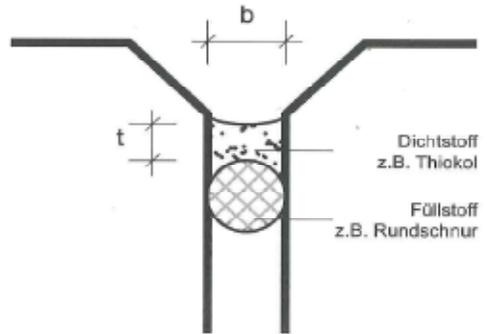
Wird die Außenschale tragend benötigt, leitet sie die Lasten über das Mörtelbett in die Fundamentplatte. Um Wärmebrücken zu reduzieren, wird die außenliegende Perimeterdämmung über die Außenschale gezogen.

oder Treppen verlegt. In der Regel wird am gleichen, ggf. am nächsten Tag von der Decke aus betoniert. Zuerst werden die Wände verfüllt und anschließend gleich die Decke mit betoniert.

## ■ FUGEN

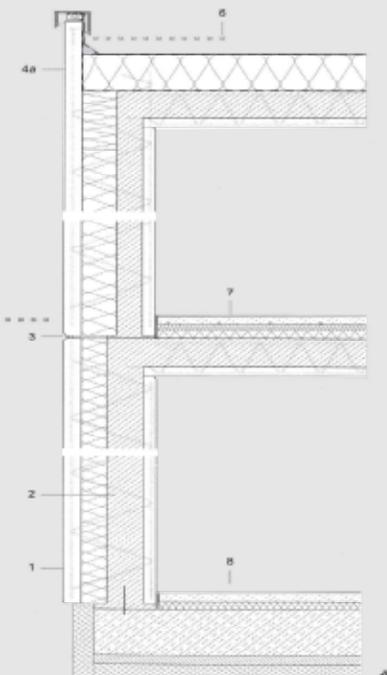
Das Schließen der Elementfugen richtet sich nach der Zulassung der Thermo- wand. Während im Keller und auch im Industriebau die Ausbildung der Fugen wärmetechnisch weniger relevant ist, spielt sie in Wohngeschossen und erst recht bei Passivbauten eine bedeutende Rolle. Hier sind nach der Montage die Wandfugen im Bereich der Dämmplatten zwischen den einzelnen Wandelementen mit PU-Schaum oder EPS-Streifen aufzufüttern und dauere- lastisch zu schließen. Für Dichtstoffe mit einer Gesamtverformung von 25 % sind die Fugendimensionen zwischen den Betonbauteilen in Abhängig- keit zu später auftretenden Bewegungen in DIN 18 540 angegeben.

Zu empfehlen sind „nicht wassersaugende“ Rundprofile, beispielsweise geschlossenzellige PE-Rundschnüre, die mit abgerundeten Werkzeugen vorsichtig in die Fuge eingebracht werden. Nach Einbringen des Füllstoffes werden die Betonflanken mit einem Primer gestrichen. Der Dichtstoff wird so in die Fuge eingebracht, dass er bündig mit der Innenkante der Dreikantleiste abschließt.



Fugenausbildung nach DIN 18 540

Falls die Kanten scharfkantig ausgeführt werden, kann als alternative ein geeignetes Kompriband eingebaut werden. Die Schlagregendichtheit der Fuge muss dabei gewährleistet sein.



### Wandschnitt A

Die Außenschale wird bis zur Oberkante der Attika hochgeführt. Aufgrund der notwendigen Steifigkeit bei Transport und Montage nimmt die Schalendicke im oberen Decken- und Attikabereich zu. Beim Übergang von der Keller- zur Außenwand können bei gleicher Wandstärke die notwendigen Dicken von Wärmedämmung und Füllbeton je nach Bedarf variiert werden.

Nach dem Montieren der Wand- und Deckenelemente wird der Ortbeton verfüllt und auf Höhe der Außenschalenoberkante abgezogen.

Bei drückendem Wasser werden Kellergeschosse als Weiße Wannen ausgebildet. Dabei kommt wasserundurchlässiger Beton zum Einsatz. Die Fugen werden durch eine zusätzliche Wassersperre, z.B. mit dem „Pentaflex“-Fugendichtsystem, gesichert.

- 1 SysproPart-thermo/WU-Beton – Außenschale  
– Dämmung – Kernbeton – Innenschale
- 2 Gitterträger
- 3 Dichtstoff, PE-Rundschnur, PU-Schaum
- 4 SysproPart-thermo – Außenschale  
– Dämmung – Innenschale
  - a) Außenschale verstärkt mit Gitterträger
  - b) Außenschale unverstärkt
- 5 Beton-Werkstein

## Vorteile Thermowandausführung

### ■ Hoher Vorfertigungsgrad führt zur Bauzeitverkürzung

Ein wesentlicher Vorteil der Thermowand ist wie beim Fertigteilbau die Komprimierung der Gewerke. Zahlreiche Ausbauleistungen werden bereits im Werk erbracht: Die Installationsleitungen sind schon in der Wand verlegt, notwendige Aussparungen bereits eingebaut. Es wurden darüber hinaus Tür- und Fensteranschlussdetails entwickelt, um eine einfache und wärmebrückenfreie Montage zu gewährleisten. Dies alles trägt zu einer merklichen Verkürzung der Bauzeit bei, je nach Gebäudetyp verringert sich diese um deutlich mehr als 30 Prozent. Die Vorfertigung der Dämmebene in der Thermowand bereits im Werk erhöht diesen Effekt nochmals.



Ein Systemvergleich zeigt, dass der integrierten Ausbau vor allem im Installationsbereich diese Effekte verstärkt. Die schnelle Inbetriebnahme des Gebäudes reduziert damit letztendlich per Saldo auch die Investitionskosten. Bauträger können mit einem kürzeren Finanzierungszeitraum rechnen und Bauunternehmer mit gleichen Personal wesentlich mehr Bauleistung erbringen. Das Mehr an Bauleistungen pro Zeiteinheit reduziert wiederum die Finanzierungskosten und ermöglicht eine frühere Fertigstellung.

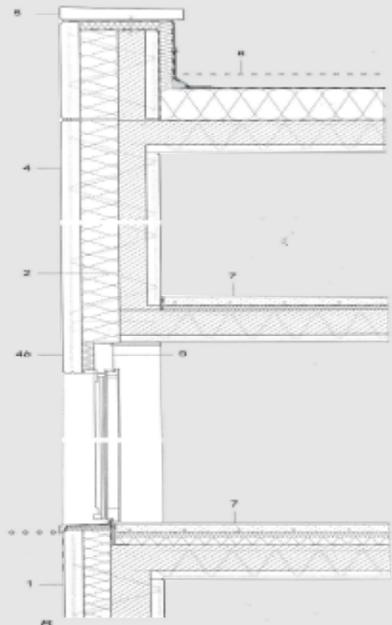
- Mit der sinkenden Zahl der Ausbaugewerke nimmt auch der Aufwand für deren Koordination ab. Die Einrichtung der Baustelle kann mit weniger Aufwand erfolgen, sie ist von kürzerer Dauer und erfordert weniger Platz.
- Um die Bauzeitverkürzung ausschöpfen zu können, sind allerdings die Planungsarbeiten frühzeitig auf diese Bauweise abzustimmen. Die Bauaufgabe ist in einem Bauteam zu lösen.

### Wandschnitt B

Ragt die Attika mindestens 50cm über die oberste Geschossdecke, kann ein separates Element den Wandanschluss bilden. Es ist darauf zu achten, dass die Dämmung ohne Unterbrechung von der Außenwand in die Gefälledämmung des Daches übergeht. Ein vorgefertigter Betonwerkstein stellt einen homogenen Abschluss der Thermowand dar.

Wird das Außentürelement raumhoch ausgeführt, kann dieses direkt an der Fertigteilschale der Elementdecke befestigt werden. Soll der Türrahmen von außen nicht sichtbar sein, kann die äußere Schale der Thermowand wie eine Art Blende (4b) ausgebildet werden. Diese ist jedoch für jeden einzelnen Fall statisch zu prüfen und mit dem entsprechenden Werk abzusprechen. Bei der Ausbildung des unteren Türanschlags ist zu beachten, dass die Höhe der Außenschale über die Oberkante Rohdecke geführt wird. Anschlag und Türrahmenbefestigung werden am Auf- bzw. Kernbeton befestigt.

- 6 Kiesschüttung – bituminöse Abdichtung  
– Gefälledämmung – Dampfsperre – SysproTEC
- 7 Estrich (mit ggf. EBH) – PVC-Trennlage  
– Dämmung – SysproTEC
- 8 Estrich (mit ggf. EBH) – PVC-Trennlage – Dämmung  
– Fundamentplatte – Sauberkeitsschicht  
– Perimeterdämmung
- 9 Außentürelement



## ■ Vorteile integrierte Kerndämmung

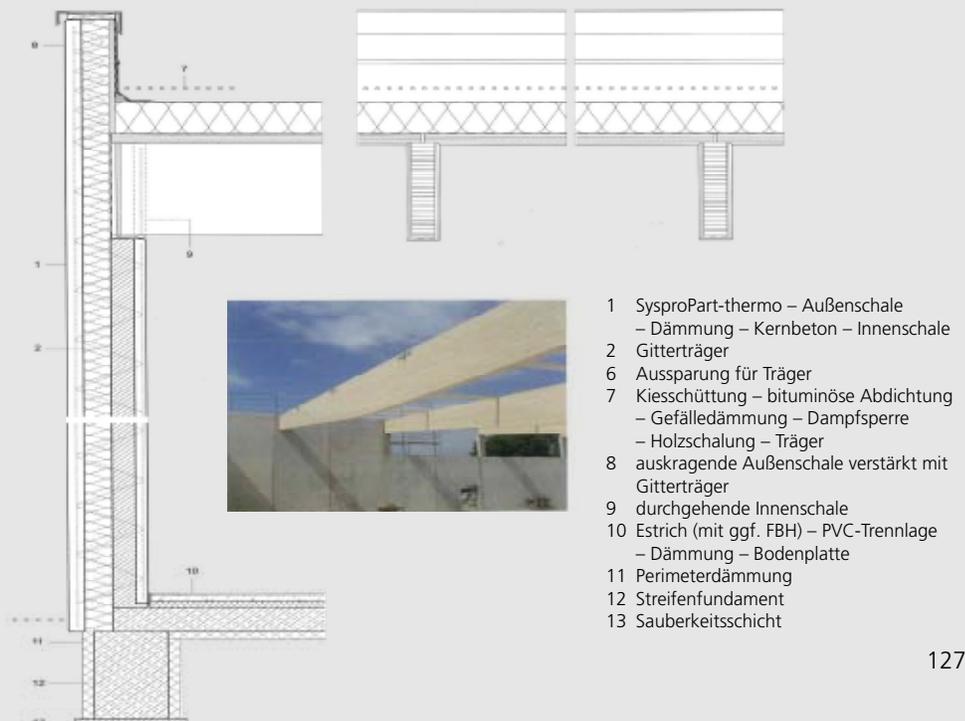
Für den Einbau der Dämmung in der außenseitigen Schale wird kein Kleber benötigt. Im Werk wird die Dämmung im nassen Beton verlegt und mit Kunststoffdübeln befestigt. Damit entfällt das Risiko gänzlich, dass die angewandten Verklebungstechnik mit den Jahren Probleme bereitet. Zusätzlich wird die Umwelt geschont und die Ökobilanz verbessert.

Das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) wird in der Regel auf Mauerwerk oder Ortbeton aufgebracht. Das Aufbringen des WDVS ist sehr witterungsabhängig und zugleich zeitaufwändig. Die Oberfläche der Wärmedämmung ist relativ weich und empfindlich. Hier kann es leicht zu mechanischen Beschädigungen kommen. Auch Vögel oder Insekten können die Dämmung beschädigen und ihre Wirksamkeit beeinträchtigen. Des Weiteren kommen Veralgungen der Oberfläche vor, meist tritt dies an der Wandnordseite auf. Das Brandverhalten der Dämmung darf ebenfalls nicht vernachlässigt werden. So ist eine Dämmung mit Styropor beispielsweise nur sehr schwer zu löschen und die auftretenden Rauchgase sind lebensgefährlich. Schon nach 25 bis 30 Jahren endet die Lebensdauer von Wärmedämm-Verbundsystemen, dann sollten sie erneuert werden, und das Altmaterial muss unter Umständen aufwändig als Sondermüll entsorgt werden.

Die Thermowand schützt die Dämmung mit einer 7 cm starke Vorsatzschale vor mechanischen und witterungsbedingten Beschädigungen, aber auch vor Feuer! Die Lebensdauer ist zeitlich fast unbegrenzt.

## Fertigung der Thermowände

Die Fertigung der Thermowände erfolgt hoch automatisiert und kontrolliert, unter Einsatz innovativer Techniken (z.B. Robotermechanik, ganzheitlicher Computereinsatz). Das garantiert, dass die Bauteile



in hohe Qualität hergestellt und vielfältige Formen und Ausbautiefe geliefert werden können. Die geometrische Gestaltung der Elemente kann problemlos auch mit schiefen Winkeln und ungewöhnliche Formen arbeiten. Die Automatisierung – mit so genannten Robotern – erfolgt in den folgenden Arbeitsvorgänge:

- Transport und Reinigung von Paletten und Schalungen,
- Zeichnen der Bauteilkonturlinien im Maßstab 1:1 bzw. mit Laserkennzeichnung
- Einzeichnen der Einbauteilposition
- Absetzen von Schalungen und Abstellern aus Stahl, Holz, Kunststoff
- Herstellen von Sonderschalungsteilen
- Schneiden, Biegen und Schweißen der Bewehrung
- Absetzen von Einbauteilen und der Bewehrung
- Einbringen und Verdichten des Betons

Mehr denn je ist der ganzheitliche Computereinsatz ein wichtiges Hilfsmittel. Es beginnt bei der Angebotsbearbeitung und der Nutzung der CAD-Planungstechnik, das Bewehren und Betonieren im Werk wird damit ebenso gesteuert wie das Ab stapeln und Verladen, und es reicht hin bis zur Erstellung der Lieferscheine und Rechnungen. In der Regel werden die Daten der Planer digital in den Dateiformaten dxf oder dwg weiter bearbeitet. Damit ersparen wir uns doppelte Arbeit.

## GREEN CODE®

GREEN CODE® von Rudolph verbindet die Thermowand und die Klimadecke mit vorinstallierter Haustechnik zu einem ganzheitlichen Gebäudekonzept. Alle Komponenten sind in ihrer Art und Technologie ausgereift, energieautark und multifunktional. Sie sind ebenso einfach wie genial.

Die Vorteile des Green-Code®-Systems:

- noch unter dem Passivhausstandard
- bis zu 10% Gewinn an nutzbarer Nettofläche
- kurze, festgelegte Bauzeit
- Vorteil beim Bauen in engen Innenstadtsituationen
- Kühlen: niedrigste Betriebskosten (EFH <10€/Jahr, Strombedarf über Photovoltaik CO<sub>2</sub>-neutral möglich)
- bis zu 99% geringerer Energieverbrauch gegenüber konventionellen Klimaanlage
- keine wasserrechtliche Genehmigung nötig
- keine geothermischen Bohrungen nötig
- Komfortklimaklasse



## ■ Leitdetails und gebaute Beispiele

### Kindergarten Ulm

– Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Amt Ulm

#### Freiräume mit klarer Linie

Das Universitätsklinikum Ulm und die Universität Ulm führen diesen eingeschossigen Kindergarten auf 1.610 m<sup>2</sup> als Betriebskindergarten ganztags für 100 Kinder, die in fünf Gruppen aufgeteilt sind. Die Verkehrsflächen werden hierbei oft gleichzeitig als Bewegungszonen, Garderoben oder Spielbereiche genutzt – und dies von den Kleinen meist sehr intensiv. Das Green-Code-System mit seinen funktionellen und formalen Vorteilen bot sich hier in vielerlei Hinsicht an. Die Abstrahlungsklimatisierung des Green-Code-Systems erzeugt nahezu keine Luftströmung, ganz im Gegensatz zu klassischen Systemen. Das ist mit ein Grund, warum es für hygienesensible Bereiche wie Kindergärten besonders geeignet ist.





## **Materiallager Fliegerhorst Laupheim – Staatliches Hochbauamt Ulm**

1.500 m <sup>2</sup>	Thermowand
500 m <sup>2</sup>	Doppelwand
1.650 m <sup>2</sup>	Elementdecke.

Auf dem Laupheimer Kasernengelände entstand ein Werkstatt- und Lagergebäude, das in seiner sensiblen Interpretation der Aufgabenstellung in diesem Umfeld etwas ganz besonders darstellt. Die Wände wurden zur Fassadengestaltung in unterschiedlichen Wandstärken in 38, 40 und 42 cm ausgeführt. Diese Wirkung wurde durch Farbblausuren unterstrichen. Mit entscheidend für die Ausführung im Green-Code-System waren die hoch wärmedämmenden Wände – die selbst bei geringen Wandstärken statisch ein sehr leistungsfähiges Niveau erreichen. Da die Räume auf einer konstanten Temperatur gehalten werden müssen, erfolgt in der Innenschale teilweise die Bauteilaktivierung mittels Heizregister.





## Einfeld-Sporthalle Mörikeschule

680 m<sup>2</sup> Thermowand  
mit Matritzeinlage  
zur Fassadengestaltung

### Systematisch und stimmig

Auch bei der Einfeld-Sporthalle der Mörikeschule in Ulm-Böfingen überzeugten die systembedingten Vorteile des Green-Code-Konzeptes die Auftraggeber. Die kurze Bauzeit, der systematische Verlauf, die großen Gestaltungsmöglichkeiten, die Wärmedämmleistung und nicht zuletzt die gute Wirtschaftlichkeit sprachen für diesen Weg. Mit jedem Bauteil ist auch der hohe Rudolph-Qualitätsstandard eingebaut. Das sichert Investitionen dauerhaft, ob privat oder für die öffentliche Hand.



## Bürogebäude Blautal GmbH

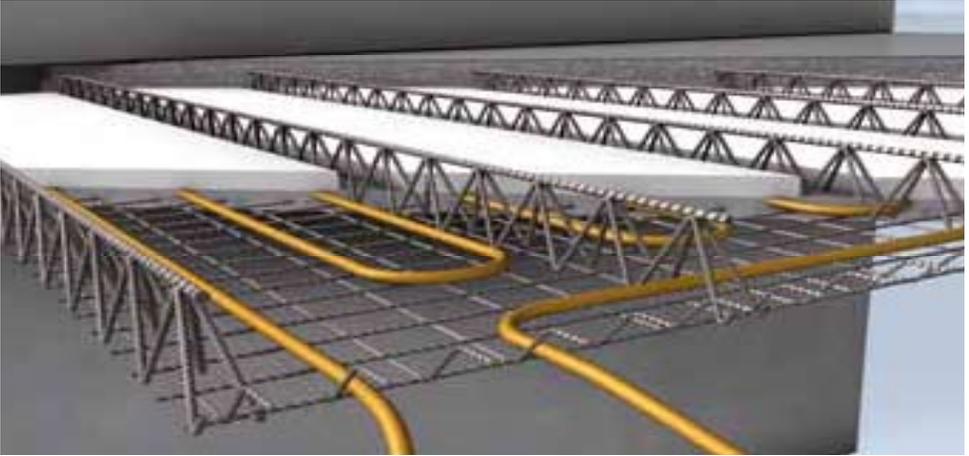
550 m<sup>2</sup> Thermowand  
220 m<sup>2</sup> Klimadecke  
für ein besonders  
gutes Arbeitsklima.



### Modernes Arbeiten in Blaubeuren

Im Kellergeschoss wurden in die Außenschale Absorberleitungen eingebaut, damit kann die Erdwärme für die Wärmepumpe genutzt werden. Der Bauherr ist selbst Bauunternehmer und als Mann vom Fach seit Jahren von den Vorteilen überzeugt, die das Bauen mit vorgefertigten Bauelementen bietet. Für die Green-Code-Produkte Thermowand und Klimadecke gilt das aufgrund ihrer innovativen Funktionalität im besonderen Maße.





(1) untere Armierung – (2) Gitterträger – (3) unteres Deckenelement (vorgefertigt) – (4) Überbeton/Ortbeton – (5) Dämmung od. Hohlraum – (6) integrierte Heiz- und Kühlleitungen – (7) Green-Code-Klimadecke mit integriertem Heiz-/Kühlregister

## KLIMADECKE

Die Green-Code Klimadecke besteht aus Stahlbeton-Fertigteilen für Geschossdecken mit integrierten Heiz- und Kühlregistern. Generell sind bei der Verwendung von nachhaltigen Systemen Flächenheiz- und Kühlsysteme alternativlos vor allem hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch die Auflösung des Deckensystems in zwei thermisch getrennte Schalen, welche über schmale Stegträger miteinander verbunden sind, ist eine Klimatisierung der Räume ohne zusätzliche technische Einrichtungen (Radiatoren, Klimageräte usw.) möglich. Aufgrund der geringen Masse der Unterschale kann eine hohe Leistung bei kurzen Reaktionszeiten gewährleistet werden. Die separate Regelung einzelner Räume ist Standard.

Die Klimadecke wird als Rippenplattendecke mit einer Standardstärke von 6 cm ausgeliefert – oder auch angepasst an die speziellen statischen Erfordernisse. In der Deckenplatte wird werkseitig das Klimaregister oberflächennah eingelegt. Auf der Deckenoberseite befinden sich Verdrängungskörper aus Styropor, die zwei Funktionen erfüllen:

1. sie strahlt Wärme nach unten ab, statt sie nach oben entweichen zu lassen
2. gleichzeitig wird das Gewicht der gesamten Decke leichter und es kann Beton eingespart werden.

Durch die homogene Anordnung der Verdrängungskörper entstehen in Spannrichtung Betonstege mit einer Breite von 8 bis 12 cm. Es wird damit auf dem Bau lediglich Beton für das Verfüllen der Stege und der oberen Druckplatte mit einer Stärke von ca. 8 bis 10 cm benötigt. Genaue Angaben zur Gesamtdeckenstärke können erst nach der statischen Prüfung gemacht werden. Sie sind außerdem abhängig von den erforderlichen technischen Einbauteilen wie beispielsweise Lüftungs- und Elektroinstallationen. Im Längsfugenbereich ist zusätzlich zur Fuge eine durchgehende Vertiefung von etwa 3 mm Tiefe und 40 mm Breite vorhanden, um damit eine Fugenverspachtelung mit Gewebeerstärkung

kung zu ermöglichen. Die Oberfläche ist streich- und tapezierfähig nach DIN 18217. Die Fugen werden bauseits geschlossen.

## Funktionsweise und Leistungsdaten

Als innovative, kostengünstige und energieeffiziente Methode zum Kühlen und Erwärmen von Gebäuden wird die Green-Code-Klimadecke immer interessanter. Durch das physikalische Zusammenspiel von Strahlungswärme und Gebäude wird der Heizwärmebedarf verringert, die Behaglichkeit erhöht und Schimmelbildung im Normalbetrieb

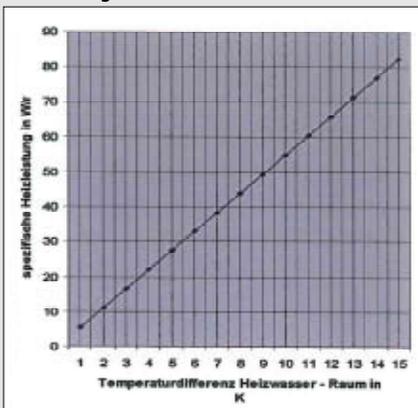
zuverlässig verhindert.

Wärmestrahlung ist eine Infrarotstrahlung, besteht also als elektromagnetischen Wellen (wie Licht, Strom, Mikrowelle oder die Radiowelle), die sich mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Die Wellenlängen der Infrarotstrahlen, die für Heizzwecke mit Temperaturen von 20° bis 80°C in Frage kommen, liegen im schmalen Band von 3 bis etwa 50 µm. Sie sind so für den Menschen völlig gefahrlos. Eine elektromagnetische Beeinträchtigung der Gesundheit ist bei der Wärmestrahlung auszuschließen, auch Elektrosmog liegt nicht vor. Da feste Körper in der Lage sind, Wärmestrahlen zu absorbieren und auszusenden (Emission), wird Strahlungsenergie von diesen zugleich absorbiert und emittiert. Wärmestrahlung erwärmt nicht die Luft, sondern nur feste und flüssige Körper. Die Raumluft ist also für Wärmestrahlen durchlässig, bleibt selbst aber kühl und angenehm. Die Erwärmung angrenzender Luftschichten erfolgt demzufolge nur indirekt durch die wärmeren Oberflächen. Infolge der systembedingt ruhenden Luft kommt es kaum zur Staubaufwirbelung, was sich positiv für die Gesundheit empfindlicher Personen wie Allergiker, Kinder und ältere Menschen auswirkt.

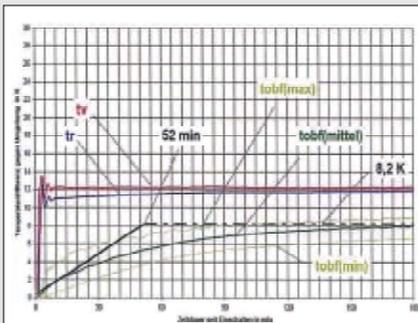
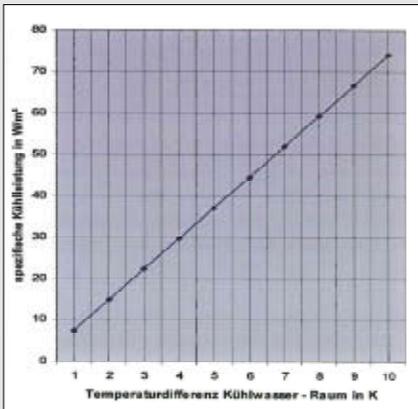
Durch diesen Strahlungsaustausch gleichen sich die Oberflächentemperaturen im Raum an. Es entstehen gleichmäßig temperierte Wand- und Bodenflächen einschließlich der Möbeloberflächen – man fühlt sich wohl und behaglich. Da die Heizregister oberflächennah eingebaut werden, sind die Leistungen

### LEISTUNGSDATEN KLIMADECKE

#### Heizleistung



#### Kühlleistung



und Reaktionszeiten optimal. Heizleistungen können über  $80 \text{ W/m}^2$  betragen, als Kühlleistung sind  $70 \text{ W/m}^2$  realisierbar. Die Möglichkeit, die gesamte Fläche zu aktivieren, ist ein weiterer Vorteil der Klimadecke. Ein zusätzliches Heizsystem – wie Fußbodenheizung oder Heizkörper – ist nicht erforderlich. Die Reaktionszeit ist gegenüber herkömmlichem Heizsystem sehr flink und jeder Raum kann individuell geregelt werden. Nach weniger als einer Stunde ist die volle Leistung erreicht – bei Heiz- wie auch im Kühlbedarf.<sup>5</sup>

5 Die angegebenen Heiz- und Kühlleistungen sowie die dynamische Berechnung entsprechen dem Prüfbericht Stuttgart (siehe Diagramme).

## Planung- und Baustellenablauf

Die Auslegung von Rohrdimensionierung und Verlegeabstand erfolgt unter Berücksichtigung der bauseitig gestellten Heiz- und Kühllastberechnung. Sie erhalten vom Hersteller sämtliche Berechnungen für Planung und Ausführung, aber auch eine detaillierte hydraulische Berechnung für die Einstellung der Heizung. Das Heiz- und Kühlregister wird in der Platte ohne Unterbrechung (endlos) gefahren.

Notwendige zusätzliche Einbauten, wie Lüftungsauslässe in der Deckenplatte, Elektroeinbauten oder eine Lüftungsleitungsführung auf der Deckenplatte, werden von uns in Abstimmung mit dem jeweiligen Fachplaner in die Planung mit aufgenommen. Bauseitige Bohrungen an der Deckenunterkante dürfen nur mit einem Abstand von 5cm zur Rohrachse stattfinden, diese Bohrungen sind laut Heizflächenplan zu beachten. Sollten Referenzpunkte für Bohrungen erforderlich sein, können diese ebenfalls in die Planung aufgenommen und in der Decke vorgesehen werden. Mit der Auslieferung der Deckenelemente wird ein Elementplan mit eingezeichneten Rohrregistern übergeben.

Es macht für den Rohbauunternehmer keinen Unterschied, ob er eine Filigran- oder eine Klimadecke verlegt, die Arbeitsabläufe sind für ihn identisch. Die Rohre haben einen Überstand von ca. 50cm aus der Deckenoberseite, um damit die Anbindeleitung koppeln zu können.



*Klimadecke für ein Bürogebäude in Ulm – bauseitiges Verlegen der Lüftungsrohre und Anschluss an werkseitig einbetonierte Drallauslässe*

## Die Green-Code-Klimadecke wird wie folgend geliefert:

- Deckenelemente in einer Breite bis 3 m, Betongüte C25/30 inkl. eingebauter sauerstoffdichter Heiz- und Kühlrohre
- Erstellen der Schal- und Bewehrungspläne nach bauseitiger Statik
- Erstellen des Heizflächenplanes
- Überstand der Rohre aus der Deckenoberseite mit ca. 50 cm (die Weiterführung zum Verteiler und Koppelung der Leitungen sowie deren Verplanung sind bauseitige Leistungen)
- alle weiteren Leistungen bzw. Einbauteile sowie Transportkosten nach Zubehörpreisliste



Rippenplattendecken auf der Baustelle



Die klimatisierende Wirkung des naturnahen Baustoffs Beton kommt auch bei der Raumklimadecke voll zum Tragen. Neben einem behaglichen Raumklima wirkt sich die Raumklimadecke positiv auf die Wärmespeicherung aus. Die Green-Code-System-Thermowände mit -Klimadecke sorgen aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit: 1,25 W/mK) für kurze Ansprech- und Aufheizzeiten und tragen damit zu niedrigen Heizkosten bei.

Vor dem Betoniervorgang werden die einzelnen Heiz- bzw. Kühlkreisläufe – nach Planvorgabe und hydraulischer Berechnung – vom Heizungsbauer vor Ort geschlossen und bis zum Einspeisepunkt weitergeführt. Danach werden die gekoppelten Heiz- und Kühlregister unter Luftdruck getestet und so mögliche Undichtigkeiten der Verbindungen oder beschädigte Leitungen sichtbar gemacht. Die Erstellung eines Druckprüfprotokolls wird empfohlen.

## Vorteile einer Klimadecke

Die Klimadecke ist gleichzeitig ein energiesparendes Deckenheiz- und -kühlsystem, einsetzbar für alle Gebäudetypen. Diese innovative Problemlösung ist eine systematische Weiterentwicklung der Filigrandecke hin zur energiesparenden Klimadecke.

Bei einer Klimadecke kann die volle Fläche der Unterseite wirkungsvoll und energieeffizient zum behaglichen Heizen und Kühlen genutzt werden. Ein fußbodenbeheizter Raum erbringt deutlich weniger Leistung, schon alleine deshalb, weil mehr als 30% des Bodens mit Einrichtungsgegenstände bedeckt ist. Dies kann nur durch eine Erhöhung der Wärmeleistung ausgeglichen werden. Zudem wirkt sich die Trägheit der Fußbodenheizung und Bodenbeläge auf Leistung und Energieverbrauch aus. Die Klimadecke hingegen strahlt Wärme ohne Hindernisse aus, und sie kommt von oben, genau wie draußen die Sonne. Ob wohlige Wärme oder angenehme Kühle, mit Wärmestrahlungswellen wird beides gleichmäßig und wohngesund in jeden Winkel des Raumes geführt.

Die wohltuende Wirkung von Wärmestrahlen kennt jeder von der Sonne. Die Raumluft wird nur indirekt über die warmen Oberflächen erwärmt und nicht direkt wie bei herkömmlichen Heizkörpern. Weil die Deckentemperatur mit ca. 25° bis 28°C immer niedriger als die Körpertemperatur ist, bleibt überraschenderweise auch der Kopf immer kühl. Durch die angenehme Wärmeverteilung kann die Raumtemperatur um 2° bis 3°C verringert

werden, ohne dass der Wohlfühleffekt und die Behaglichkeit darunter leiden, so kann viel Energie gespart werden. Als Faustregel gilt: 1°C weniger entspricht etwa 6 % Energieeinsparung. Im Durchschnitt kann bei der Klimadecke von einer Energieeinsparung von deutlich über 10 % ausgegangen werden.

Aufgrund hoher Heizleistung bereits bei niedrigen Vorlauftemperaturen (ca. 28° bis 35°C) und dem geringen Energieverbrauch eignet sich dieses System auch bestens zur Kombination mit regenerativen Heizungssystemen wie beispielsweise Wärmepumpen, thermischen Solaranlagen, Gas-Brennwertkesseln oder jeder anderen Heiztechnik.

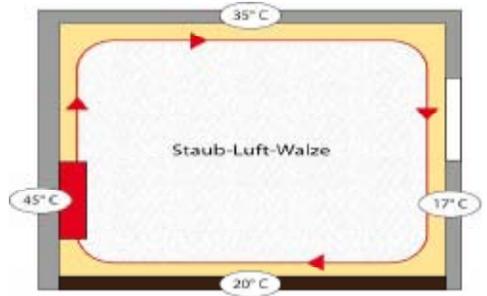
Die Sommermonate werden spürbar heißer, daher wird eine effektive Kühlung der Aufenthaltsräume für Gesundheit und Wohlbefinden immer wichtiger. Aber nicht nur wegen der Klimaveränderung gewinnt die Kühlung gegenüber dem Heizen immer mehr an Bedeutung, hochwirksame Dämmstoffe, die Vermeidung von Fugen, Glasflächen, welche die Innenräume aufheizen, schaffen immer mehr energetisch optimierte Gebäude – und vom Gesetzgeber wird das künftig ja auch so verlangt. Je besser das funktioniert, umso größer kann jedoch der Hitzestau auch werden. Entsprechend der energetischen Qualität dieser Gebäude kann eine Kühlung der Innenräume schon ab einer Außentemperatur von 12°C erforderlich werden. Das ist mit einer umschaltbaren Wärmepumpe und einer Klimadecke auch kein Problem. Klassische Klimaanlage hingegen werden schon alleine wegen des erzeugten Luftzugs als unangenehm empfunden und sind ohne ordentliche Wartung nachweislich ein Gesundheitsproblem. Ganz abgesehen davon, dass sowohl die Investitionskosten wie auch die laufende Betriebskosten für Klimaanlagen sehr hoch sind.

Die Vorfertigung im Werk spart Zeit und Aufwand auf der Baustelle und entkoppelt insofern den Bauablauf weitgehend von Witterungseinflüssen. Die Gebäude können schnell genutzt werden. Durch die industrielle Herstellung mit überwachter Vorfertigung wird außerdem ein hoher Qualitätsstandard erreicht.

## VERSCHIEDENEN HEIZSYSTEME

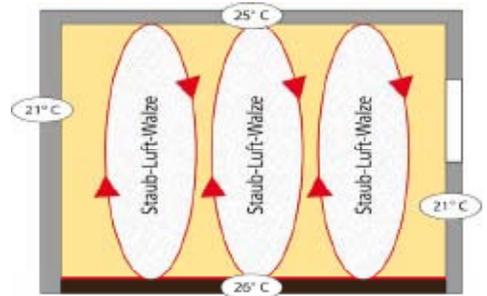
### Heizen mit Heizkörpern

Heizkörper benötigen hohe Vorlauftemperaturen. Die unterschiedliche Wärmeverteilung sorgt für eine unangenehme und ungesunde Staub-Luft-Walze.



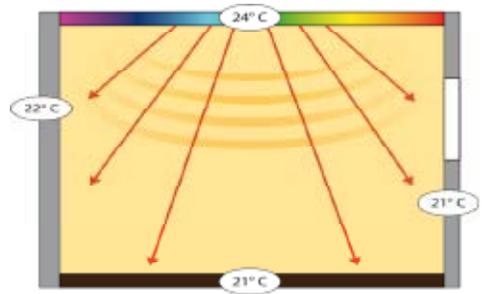
### Die Fußbodenheizung

eingeschränkte Auswahlmöglichkeit für den Bodenbelag, langsame Reaktionszeit, Staubaufwirbelungen sind unvermeidlich

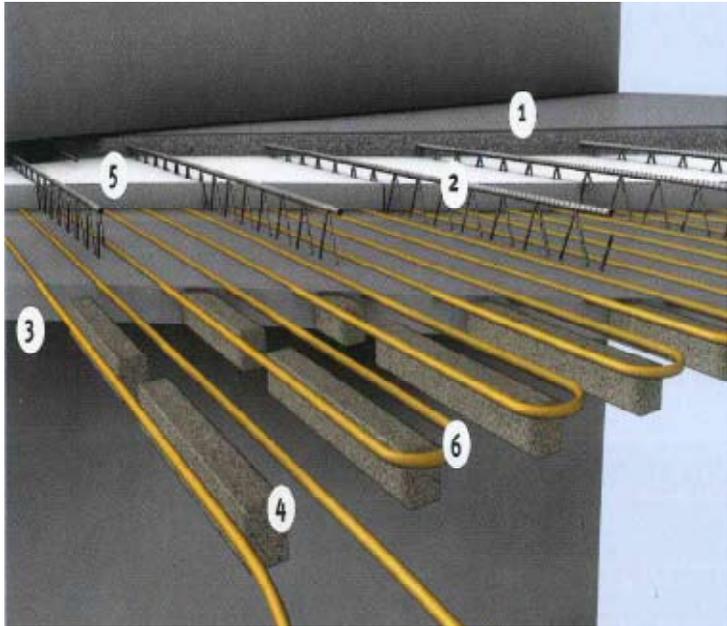


### Die Green-Code-Klimadecke

Die Wärme kommt von dort, wo sie von Natur aus auch herkommt, nämlich von oben (wie bei der Sonne). Wärmestrahlungswellen sorgen für Behaglichkeit.



- 1 Überbeton
- 2 Gitterträger
- 3 unteres Deckenelement (vorgefertigt)
- 4 Reapor Absorberstreifen
- 5 Dämmkörper
- 6 integrierte Heiz- und Kühlleitungen



## Die Weiterentwicklung der Klimadecke zur AUDIOTHERMDECKE

Ruhe und ein angenehmes Raumgefühl sind im privaten Wohnraum und in Büroräumen sowie in öffentlichen Bereichen ein wesentliches Qualitätskriterium. Gleichzeitig machen es gestalterische Trends in der moderneren Architektur schwieriger, herkömmliche raumakustische Verbesserungsmaßnahmen zu realisieren. Glatte Oberflächen von Decke, Wand, Boden und eine zunehmend minimalistische Möblierung werfen nahezu ungedämpft Schallwellen in den Raum zurück. Viele Faktoren beeinflussen die akustische Wirkung eines Raumes. Letztlich zielt eine raumakustische Planung auf die Nutzung einer angemessenen Hörsamkeit des Raumes, in dem wir uns wohl fühlen, in dem wir uns ohne Mühe verständigen können und den wir nicht als zu laut oder zu leise empfinden. Hier spielt die Nachhallzeit eine wesentliche Rolle. Die Nachhallzeit stellt die akustische Visitenkarte eines Raumes dar. An ihr lässt sich die akustische Qualität schnell und objektiv ablesen. Klagen über eine schlechte Akustik lassen sich meist anhand unangemessener Werte der Nachhallzeit belegen, auch wenn umgekehrt eine optimale Nachhallzeit nicht automatisch optimale raumakustische Bedingungen garantieren. Die Nachhallzeit hat aber eine unmittelbare Wirkung auf die Sprachverständlichkeit.

Grundsätzlich gilt: Je größer ein Raum ist, desto länger ist in der Regel die Nachhallzeit. Je mehr Absorption im Raum erfolgt, desto kürzer ist die Nachhallzeit. Aber auch „überdämmte“ Räume oder Räume, in denen der falsche Frequenzbereich gedämmt wurde, werden subjektiv und je nach Nutzung als unangenehm empfunden. Rudolph Audiotherm-Decken besitzen hocheffektive Reapor®-Schallabsorberstreifen. Die Deckenunterseite hat eine glatte Oberfläche, der Schallabsorber ist nicht zu sehen. Auch auf optisch störende Einbauten wie etwa ein Akustiksegel kann in der Regel verzichtet werden.

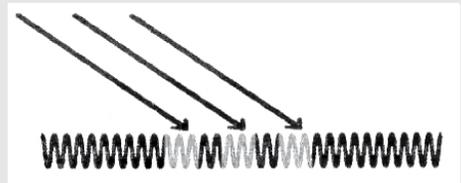
Damit wurden nun Möglichkeiten geschaffen, Räume so zu planen, dass das Wohlbefinden der Nutzer nicht nur klimatisch, sondern auch akustisch im Mittelpunkt steht – ohne Kompromisse machen zu müssen.

Die in den Rudolph-Audiotherm-Decken integrierten Absorberstreifen sind aus Reapor®, das aus Blähglasgranulat gewonnen wird. Dieses Granulat wird in einem patentierten Verfahren erst in Plattenform gebracht und anschließend in einem Ofen versintert. Bei diesem Vorgang bilden sich die Sinterhalse aus, die für die akustischen Eigenschaften verantwortlich sind. Auch die mechanischen Eigenschaften bringen Vorteile. Der rein mineralische Werkstoff ist faserfrei, feuchteunempfindlich, nicht brennbar und unterliegt keiner hygri-schen Ausdehnung. Übrigens wird Reapor® aus 100% Recycling-Glas hergestellt und ist somit auch selbst wieder recycelbar. Entwickelt wurde der Werkstoff in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut.

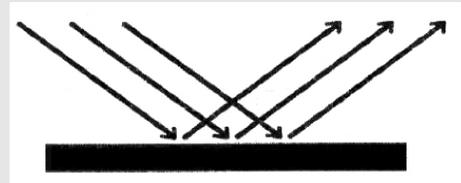
### Funktionsweise – effektiv und zielgenau

Durch den gleichmäßigen Einbau der Reapor®-Absorberstreifen in die Fertigteile erhält man eine Oberflächenstruktur, mit der eine optimale Schallabsorption im Raum erzielt wird. Mit dem regelmäßigen Wechsel von Absorber und Beton in der Deckenoberfläche wird die thermische Funktionsfähigkeit des Elements kaum beeinträchtigt. Die weitgehend frei liegende Betonoberfläche garantiert einen ungehinderten Strahlungsaustausch sowohl im Heiz- wie auch im Kühlfall. Höchstens 20 Prozent der Deckenfläche werden bei der Rudolph Audiotherm-Decke durch Schallabsorber abgedeckt, und dennoch kann damit bis zu 70 Prozent der erforderlichen Schallabsorption im Raum erreicht werden.

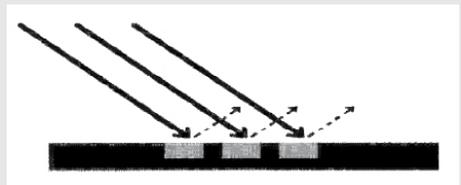
Die Audiotherm-Technologie bringt verschiedene physikalische Wirkungsweisen (Reflexion, Beugung und Absorption von Schallwellen) miteinander in Wechselwirkung. Die gewünschte Schallabsorption wird durch Absorptions- und Überlagerungseffekte erreicht. Je nach Nutzung und Einrichtung wird so die geforderte Nachhallzeit realisiert. Wichtig ist dies zum Beispiel in Büros, Versammlungsräumen, Schulen und Kindergärten.



vollständige Schallabsorption, keine Reflexion



keine Schallabsorption, y.B. Betonfläche



gezielte Schallabsorption (bis 70%, frequenzabhängig), Rudolph Audiotherm-Decke

Raumtyp	Nachhallzeit (exemplarisch)
Kirche	4 bis 8 Sekunden
Schwimmbad	max. 1,7 Sekunden
Konzertsaal	ca. 1,5 Sekunden
Klassenraum	0,8 bis 1,2 Sekunden
Büroraum	0,5 bis 0,8 Sekunden

Neben den hervorragenden akustischen Eigenschaften ist die Rudolph-Audiotherm-Decke, wie alle Syspro®-Deckenelemente ein großflächiges, armiertes Decken-Halbfertigteil. Sie dient zusätzlich als verlorene Schalung. An der Baustelle wird sie direkt auf die Wände und Montagejoche gesetzt. Die Oberseite besitzt eine aufgeraute Betonfläche. Dadurch verbindet sich der örtlich aufgebrauchte Überbeton so, dass ein monolithischer Endzustand gewährleistet wird. Statisch wirkt die Decke wie eine gegossene Ortbetondecke. In die Unterseite sind die Reapor®-Absorberstreifen bündig eingelassen. Die Audiotherm-Decke ist nach dem Auftragen eines speziell gefertigten Akustikvlieses nicht mehr von einem klassischen Deckenelement zu unterscheiden.

## **HEIZEN, KÜHLEN, GUTER KLANG**

Wenn die gelungene Akustik eine Säule des Wohlbefindens in Räumen darstellt, dann ist das angenehme Raumklima die andere zentrale Säule. Die Klimatisierung der Räume durch Strahlungsaustausch stellt hier sicher das Optimum dar. Das kann die Rudolph-Audiotherm-Decke mit ihren eingelegten Heiz- und Kühlregistern besonders gut. Geringste Luftströmungen und Staubverwirbelungen durch das indirekte Temperieren der Raumluft, das ist die natürlichste, gesündeste und angenehmste Art der Raumklimatisierung.

Konventionelle akustische Systeme (z.B. abgehängte Lösungen) schränken den Wirkungsgrad thermoaktiver Deckensysteme nachhaltig ein und wirken trotz höheren Materialeinsatzes weit weniger effektiv. Darüber hinaus beanspruchen sie zusätzlichen Raum bzw. Aufbauhöhe (in der Regel ca. 20-30 cm).

Bei der Rudolph Audiotherm-Decke bleibt der schlanke Aufbau der Decke erhalten. Das bedeutet: deutlicher Nettoraumgewinn, glatte Deckenuntersichten, effektive und angenehme Raumklimatisierung, niedrige Vorlauftemperaturen zum Heizen, verbunden mit einer kurzen Reaktionszeit und damit eine signifikante Einsparung bei den Energiekosten.

Das Fraunhofer-Institut hat der Rudolph Audiotherm-Decke diese hohe Funktionalität bestätigt. Dem Gestalter stehen dabei alle Möglichkeiten offen: Keine Heizkörper, kein Akustiksystem schränken Formqualität und Funktionalität ein. Und das bei einer deutlich verkürzten Bauzeit und einer geringeren Beanspruchung der Baustellenlogistik.