

Termosfassade

Deutsches Patent Nr. 10062001

Beschreibung der Konstruktion und der Bauphysik.

1) Materialien.

Die Termosfassade (TFA) ist eine Fassadenverkleidung aus plattenartigen Baustoffen, deren Besonderheit in einer reflektierenden Beschichtung besteht, die zur verkleideten Außenwand hinzeigt. Für das Plattenmaterial kommen infrage:

- Zementgebundene Fassadenplatten, z.B. der Firmen KNAUF PERLITE oder anderer bewährter Hersteller.
- Glas
- Wetter- und formbeständige Holzpaneele.
- Metall in Form von Blechen.
- Kunststoffpaneele
- Fertig beschichtete Fassadenplatten der ETERNIT – Werke und Vergleichbares.
- Großformatige Keramikplatten, z.B. KERAION der Buchtal-Werke in Schwarzenfeld.
- Natur- und Kunststeinplatten.

Als reflektierendes Material werden eingesetzt:

- Aluminiumbedampfte Kunststofffolien.
- Reinaluminiumfolien.

Verklebung:

Zum Einsatz kommt eine Verklebungstechnik der COLLANO – Werke in der Schweiz.

Alle eingesetzten Baustoffe und die Verklebungstechnik verfügen über die erforderlichen bauaufsichtlichen Zulassungen.

2) Verarbeitung

Die Verarbeitung und Montage der Fassadenplatten erfolgt in gewohnter Weise, wobei die jeweiligen Zulassungsbedingungen des DIBt für die Fassadenplatten zur Montage vorgeschrieben werden.

Als Unterkonstruktion dienen bei Gebäuden mit Wandhöhen bis zu 14,00 m imprägnierte Holzlatten, die nach statischen Gesichtspunkten im Mauerwerk verankert werden. In Zweifelsfällen wird ein Statiker konsultiert, der insbesondere das vorhandene Mauerwerk auf Festigkeit hin überprüft, soweit erforderlich mit Ausziehversuchen.

Das Standardplattenformat ist liegend 125 x 90 cm. Die Lattenabstände betragen zulassungsbedingt 62,5 cm. (Achsmass) Die Latten werden durchwegs nur senkrecht verlegt. Waagrecht verlegte Latten befinden sich beim Sockel, bei den Fensterbrüstungen und Stürzen sowie am Dachrand.

Die Platten selbst werden mit nichtrostenden Schrauben auf die Holzunterkonstruktion aufgeschraubt. Die Schraubenköpfe sind so geformt, dass sie sich selbst versenken. Nach dem Verlegen werden die Schraubenköpfe überspachtelt.

In die Plattenstöße werden Fugendichtungsbänder mit 2 mm Stärke eingelegt. Empfohlen werden sog. „Compribänder“ der Fa. ILLBRUCK. Ebenfalls werden die Plattenaufleger mit Compribändern unterlegt, die als Abstandshalter dienen und somit die durch die Unterkonstruktion bewirkte Wärmebrücke thermisch trennen.

Ebenfalls Compribänder werden zwischen den Latten und den Platten eingelegt, die einerseits zu einer elastischen Bettung führen, andererseits eine thermische Trennung bewirken.

Andere Befestigungstechniken – wie sie die Plattenhersteller anbieten – sind ebenfalls durchwegs durchführbar.

In der Planung einer THF sind die wichtigsten Details sorgfältig zu planen. Hierzu gehören:

- Die Ausbildung des Sockels
- Anschlüsse an ausspringenden Gebäudeecken
- Anschlüsse an Fensterlaibungen.
- Anschlüsse an Blendrahmen
- Anschlüsse an Sturzunterseiten
- Anschlüsse an der Oberkante der Fassade.
- Empfohlen wird die Erstellung eines Verlegeplans
Maßstab 1: 50

Beim Anschluss an Aussenfensterbleche muss darauf geachtet werden, dass die Verkleidung der Laibungen die seitliche Aufkantung des Fensterblechs überschuppt. An der Oberseite ausspringender Bauteile wie Gesimse sollen Abweisbleche versetzt werden, wobei die Unterkante der TFA mindestens 20 mm höher sitzen muss.

Da eine Hinterlüftung der Fassadenverkleidung nicht erforderlich ist, entfallen diesbezügliche Detailausbildungen. Bei einer geringen Hinterlüftung, die nach DIN EN ISO 6946 die physikalische Wirkung der Fassade nicht beeinträchtigt, können jedoch ent-

sprechende Konstruktionen ausgeführt werden. Die Zuluft wird hierbei über die Sockel und oberhalb von Fensterstürzen geführt, die Abluft unterhalb der Fensterbrüstungen und am Dachrand.

Bei Wandhöhen über 14,00 m müssen nicht brennbare Unterkonstruktionen verwendet werden. Hierfür kommen Unterkonstruktionen aus Aluminium in Betracht. Empfohlen werden hierbei Baustoffe der Fa. BWM, Leinfelden- Echterdingen.

3) Oberflächenbehandlung.

Für die Oberflächenbehandlung kommen in Frage:

- Beschichtungen anerkannter Hersteller, z.B. Sto AG oder CAPAROL.
- Kunstfasertapeten in Spezialkleber FLEXOMUR - Fassadentapeten der ERFURT – Werke, Wuppertal mit nachträglichen Anstrichen, z.B. der KEIM – Farbenwerke, Diedorf.¹
- Kleinkeramische Beläge in Klebetechnik, z.B. der BUCHTAL – Werke in Schwarzenfeld.
- Dünnschichtmaterialien aus Kunst – oder Naturstein zahlreicher Anbieter.
- Bei einfachen Nutzbauten können die zementgebundenen Fassadenplatten auch unmittelbar mit Mineralfarben gestrichen werden. Hierbei ist der Gestaltung der Plattenfugen ein gewisses Augenmerk zu schenken. Aus architektonischen Gründen sollten hier gut gestaltete Verlegepläne ausgearbeitet werden. Von Anstrichen aus Dispersionsfarben wird abgeraten.

4) Bauphysikalische Wirkungsweise

Das der TFA zugrunde liegende bauphysikalische Modell geht von der empirischen Erfahrung aus, dass die Notwendigkeit zur Gebäudeheizung auf Wetterereignisse zurückgeführt werden muss. Diese wirken sich nur an der Gebäudeoberfläche aus.

Ebenfalls nur an der Gebäudeoberfläche finden alle physikalischen Ereignisse statt, die den Energieabtrag bewirken.

Weiterhin kann empirisch festgestellt werden, dass die energetischen Ereignisse an der Gebäudeoberfläche aus einer stets wechselnden Abfolge von Energieeintrag und Energieabtrag bestehen. Betrachtet man dies genauer,

¹ Andere Anstriche sollten vorab getestet werden.

zeigt sich, dass nur zwei Wege der Energieverlagerung in Betracht kommen:

- Konvektion, d.h. der Energieübergang zwischen Festkörpern und gasförmigem Fluid (Luft).
- Strahlungsprozesse.

Hieraus folgt als Forderung an eine heizenergieeinsparende Konstruktion:

- a) Der Energieabtrag ist bestmöglich zu behindern.
- b) Der Energieeintrag muss ermöglicht werden.

Nur wenn beide Forderungen erfüllt sind, kann Heizenergie eingespart werden.

5) Berechnungsmöglichkeiten.

Konvektive Prozesse finden dann statt, wenn sich Festkörper und Fluid in unterschiedlichen Energiezuständen befinden. Sie führen sowohl zum Energieein- als auch -abtrag. Die tatsächlichen konvektiven Energieverlagerungen sind nur näherungsweise berechenbar. In der Bauphysik behilft man sich hier mit recht gut bewährten Faustformeln. Bei ruhender oder sehr wenig bewegter Luft ist der Energieübergang nur gering. Die hierbei ausschlaggebende Wärmeübergangszahl (α) wird mit dem Wert $4 \text{ W/m}^2\text{K}$ angegeben.

Bei bewegter Luft steigt der Wärmeübergang stark an, wobei hier die Windgeschwindigkeit und der Temperaturunterschied zwischen Fluid und Festkörper von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Eine bewährte Faustformel zur Ermittlung der Wärmeübergangszahl (α) lautet

$$\alpha = 2 + 12 \times w \text{ in } \text{W/m}^2\text{K}^2$$

Hierbei steht (w) für die Windgeschwindigkeit in (m/s)

Die Strahlungsprozesse können mit ausreichender Genauigkeit über das Strahlungsgesetz von Stefan - Boltzmann berechnet werden. Dieses sagt aus, dass die Abstrahlungsleistung proportional zur 4. Potenz der Temperatur des Strahlers ist. Von wesentlicher Bedeutung ist bei der Berechnung der

² Aus Wärmelehre, Horst Herr, Bibliothek des Technikers, Europa Lehrmittel Verlag, 2.Aufl. 1994

Strahlungsleistungen der Emissionskoeffizient (ϵ), der das spezifische Abstrahlungsvermögen eines Strahlers im Verhältnis zum sog. „Schwarzen Strahler“ angibt.

Die Grundformel des Strahlungsgesetzes von Stefan-Boltzmann lautet:

$$Q_{\text{rad}} = 5,671 \times \epsilon \times (T/100)^4 \text{ in W/m}^2$$

Hierbei bedeuten:

Q_{rad} steht für einen durch Strahlung bewirkten Wärmestrom

5,671 Ist die Stefan – Boltzmann – Konstante

ϵ steht für en Emissionskoeffizienten

T steht für die absolute Temperatur in K (Kelvin)

Hierbei gilt allgemein, dass gute Reflektoren einen kleinen Emissionskoeffizienten ausweisen (hochglänzendes Aluminium z.B. 0,04), die üblichen Wandoberflächen hingegen haben einen großen Emissionskoeffizienten, (Ziegelmauerwerk z.B. 0,95)

Stehen sich Flächen mit unterschiedlichem (ϵ) gegenüber, kommt es zu einer gerichteten Energieverlagerung durch Strahlungsaustausch zum Strahler mit dem grösseren Emissionskoeffizienten hin. Rechnerisch wird das Ausmaß dieser Ausrichtung der Energieverlagerung durch die sog. Strahlungsaustauschzahl ($C_{1|2}$) gekennzeichnet. Bei der TFA beträgt diese Zahl durchwegs 0,230.

Die praktische Auswirkung bei der TFA besteht darin, dass etwa 95 % der von der verkleideten Wand emittierten Wärmestrahlung remittiert werden, die somit dem Energiehaushalt des Gebäudes erhalten bleibt.

Von weiterer Bedeutung für die TFA ist das Kirchhoff'sche Strahlungsgesetz. Dieses Gesetz sagt aus, dass Reflexion und Emission zusammen gleich groß sind und den Zahlenwert 1 erhalten. Dies besagt, dass ein guter Reflektor mit kleinem (ϵ) im gleichen Masse ein schlechter Strahler ist. Beschichtet man daher Stoffe mit reflektierenden Materialien, hat die beschichtete Seite nur noch ein sehr geringes Abstrahlvermögen. Für das beschichtete Material hat daher die reflektierende Schicht eine ähnliche Wirkung wie ein Dämmstoff. Bei Energiezufuhr nimmt daher das beschichtete Material eine höhere Temperatur an.

Diese Wirkung ist in zweifacher Hinsicht von Bedeutung:

- Das geringe Abstrahlungsvermögen der TFA nach innen bewirkt einen außerordentlich guten sommerlichen Wärmeschutz, weil die verkleidete Wand nur von einer sehr geringen Strahlungsleistung belastet ist und somit die Hauptursache der sommerlichen Aufheizung von Umfassungswänden unterdrückt wird.
- Die erhöhte Plattentemperatur verstärkt den in der Heizperiode sehr erwünschten konvektiven Energieübergang von der Platte zur Wand, der insbesondere bei unmittelbarer Sonneneinstrahlung stattfindet.

Alle diese Vorgänge sind mittels bewährter und anerkannter Verfahren mit nur geringen Fehlern berechenbar. Auf die Darstellung dieser Verfahren wird hier verzichtet. Der Verfasser kann jedoch diesbezügliche Unterlagen zur Verfügung stellen.

6) Instationäre Berechnungsweise.

Das bauphysikalische Modell zur TFA betrachtet den Vorgang der Wärmeleitung in Aussenwandkonstruktionen als ein Sekundärereignis in der Folge von energetischen Vorgängen an der Aussenwandoberfläche, welches das Primärereignis ist. Diese Vorgänge führen zu einem Temperaturgefälle, das in der Heizperiode überwiegend von innen nach aussen verläuft, dem sodann der Wärmestrom folgt. Hierbei ist von ausschlaggebender Bedeutung die Entwicklung der Oberflächentemperatur an der Wandaussenseite. Das Ziel der TFA besteht darin, zu einer möglichst hohen Außentemperatur zu führen und somit das Temperaturgefälle und im Gefolge den Wärmestrom zu vermindern. Insbesondere in den Heizungsübergangszeiten bewirkt die TFA einen Wärmestrom von aussen nach innen und damit trotz niedriger Außentemperaturen eine Gebäudebeheizung von aussen.

Hierbei spielen Wetterereignisse eine wesentliche Rolle. Der Verfasser hat zur Bewertung der Wetterereignisse eine Simulation entwickelt und zugleich auch die Vorgänge mit einbezogen, die zum Energieabtrag an der Gebäudeoberfläche führen. Die Simulation zeigt im stündlichen Rhythmus sowohl den Energieabtrag als auch den Energieeintrag in Wh/m². Das Resultat zeigt sich in der Form eines Energiebilanzwertes in folgender Form:

$$\Phi_b \text{ in W/m}^2\text{h.}$$

Die Simulation zeigt u.A. den erheblichen exogenen Energieeintrag auf Gebäudeoberflächen an. Dieser besteht aus:

- Solarstrahlung
- Umgebungstrahlung
- Diffusstrahlung
- Konvektion bei Aussenlufttemperaturen über der Wandtemperatur.

Diese Energieeinträge können auf der Grundlage von Wetteraufzeichnungen und astronomischen Berechnungen des Sonnenstands recht genau erfasst werden. Sie stehen in Wechselwirkung mit der Gebäudeoberfläche und beeinflussen damit auch den Energieabtrag, der somit ebenfalls über die Simulation berechnet werden kann.

Die vom Verfasser ausgearbeitete Berechnung ist im Vergleich zu den Berechnungsverfahren der EnEV erheblich genauer und realitätsnäher als das bisher übliche stationäre Verfahren, das sich im Wesentlichen nur mit dem U-Wert einer Aussenwandkonstruktion befasst.

Die Richtigkeit dieser Vorgehensweise wird durch die RWTH Aachen bestätigt, die nun ebenfalls bei energetischen Berechnungen wettergestützte Simulationen verwendet.³ Für eine der Thermosfassade sehr ähnliche Konstruktion hat die RWTH Aachen einen Wärmedurchlasswiderstand von 3,48 m²K/W ermittelt. Bei üblichen Wandkonstruktionen wird daher in der Regel ein U-Wert von ca. 2,45 W/m²K erreicht, der erheblich unter den Anforderungen der EnEV liegt.

Zusammenfassung:

Die Wirkung der TFA besteht im Wesentlichen darin:

- Vom Gebäude emittierende Wärmestrahlung wird reflektiert.
- Die eingeschlossene ruhende Luftschicht hat einen guten Dämmwert.
- Bei Absorption von Solarstrahlung in der Platte, die hierbei eine Temperatur bis 45 °C und mehr erreichen kann, wird über die dann bewegte Spaltluft Wärmeenergie in die verkleidete Wand übertragen.
- Die TFA koppelt die verkleidete Wand von bewegter Luft ab und vermindert somit den konvektiven Energieabtrag.
- Die sommerliche Überhitzung von Außenwänden wird wegen des geringen Abstrahlungsvermögens der reflektierenden Schicht vermieden.

³ Bestimmung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit von UNIC 14 zur Verwendung in dem Berechnungsverfahren nach DIN EN ISO 6946, RWTH Aachen, Juli 2008.

7) Berechnung der TFA nach DIN EN ISO 6946.

Diese zur Ermittlung von Wärmedurchlasswiderständen (R) dienende Pflichtnorm hat im Anhang B ein Berechnungsverfahren, bei dem mittels der dort vorgeschriebenen Berechnung ein Wärmedurchlasswiderstand von 0,74 (m²K/W) nachgewiesen werden kann. Dieser Wert entspricht dem einer 36,5 cm dicken Wand aus Hochlochziegeln. Der der TFA zuzuordnende R-Wert kann in die Berechnung des U – Werts eingesetzt werden. Im Normalfall kann daher der der vorgeschriebene maximale U-Wert rechnerisch nachgewiesen werden.

Diese Berechnungsmethode ist allerdings inzwischen durch die Forschungen der RWTH Aachen veraltet. Nunmehr kann die Termosfassade mit einem ($R_{\text{äq}}$) von 3,0 m²K/W berechnet werden.

8) Bewertung der TFA nach neueren Forschungen der RWTH Aachen.

Am Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung der RWTH Aachen wurde ein der TFA in den Wirkungen nahezu gleichartiges Material untersucht, bei dem ebenfalls die Reflexion von Wärmestrahlung ein wesentliches Wirkungsprinzip ist.

Die Untersuchungen ähneln sehr den vom Verfasser durchgeführten Untersuchungen. In Abkehr vom bisherigen stationären Modell der energetischen Abläufe an Gebäudeoberflächen wurde auch hier der Wetterverlauf in die Untersuchungen einbezogen. Die Ergebnisse werden für den Praktiker verwertbar in einem Nomogramm dargestellt.

Insgesamt kommt die RWTH Aachen zu dem sehr guten Ergebnis, dass bei derartigen Konstruktionen der äquivalente Wärmedurchgangswiderstand bis zu 3,8 – mal höher angenommen werden kann als bei Dämmstoffen mit der vorgeschriebenen und nach DIN EN ISO 6946 bestimmten Dicke und Wärmeleitfähigkeit (λ). Somit kann der TFA auch unter dem Gesichtspunkt des U-Werts bescheinigt werden, dass sie die Forderungen der EnEV übererfüllt.

9)

10) Freilandversuche

Die THF wurde in mehreren Freilandversuchen getestet.

Freilandversuch Nr. 1

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU Berlin für allgemeine Ingenieurwissenschaften (Prof.Dr.-Ing. Erich Csiesielski) wurde die TFA an einer Nordwand montiert und zugleich eine Vergleichswand gleicher Bauart, jedoch ohne reflektierende Beschichtung.

Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Wirkung der reflektierenden Beschichtung. Für das untersuchte Gebäude, ein Mehrfamilienhaus des sozialen Wohnungsbaus aus den 60er Jahren mit einem Umfassungsmauerwerk aus 30 cm starken Hohlblocksteinen aus Trümmersmaterial wurde eine wandbezogene Heizenergieeinsparung von 56% errechnet.

Für eine Plattenverkleidung ohne reflektierende Beschichtung wurde an der untersuchten Wand für eine ganze Heizperiode ein Energieverlust von 112,5 kWh/m² ermittelt. Für die gleiche Konstruktion, jedoch mit reflektierender Beschichtung verminderte sich dieser Wert auf 70,5 kWh/m². Eine völlig unbehandelte „nackte“ Wand hatte einen Energieverlust von 156,9 kWh/m². Auf die Außenwand bezogen errechnet sich somit für die TFA die bewirkte Verminderung des Heizenergieaufwand von 56%. Das ist mehr als eine Halbierung.

Freilandversuch Nr.2

Im Anschluss an die Untersuchungen der TU – Berlin hat der Verfasser selbst einen weiteren Freilandversuch an einer Ostwand des untersuchten Gebäudes mit einer Versuchsfläche von ca. 30 m² durchgeführt. Dieser hatte bei einer Messreihe mit Datenloggern TESTOSTOR 171 in der Zeit vom 4.November bis 30.April drei wichtige Ergebnisse:

- Die relative Luftfeuchte im Spalt stellt sich unabhängig von den Randbedingungen konstant bei ca. 63% ein. Eine solche r.L gilt als baupraktisch trocken.
- Bei Temperaturen unter -10 °C in der Aussenluft stellte sich auf der reflektierenden Schicht Filmkondensation in einer geschätzten Stärke von 5µ ein, die bei weiter sinkenden Temperaturen in einen wasserklaren Eisfilm übergegangen ist. Bei steigenden Temperaturen über – 10 °C hinaus löste sich das Kondensat spurlos auf.
- Bei einer Auswertung von etwa 400 Einzelmessdaten zeigte sich, dass die Lufttemperatur im Spalt stets höher als in der

Aussenluft war. Die Auswertung führte zu einer empirisch gefunden Gleichung von der Form von:

$$\boxed{\text{Temperatur}_{\text{Spalt}} = \text{Temperatur}_{\text{Aussenluft}} \times 0,7 + 8 \text{ (in } ^\circ\text{C)}}.$$

Diese Gleichung⁴ zeigt, dass die Temperaturdifferenz zwischen Spaltluft und Aussenluft mit fallenden Außentemperaturen zunimmt und damit die energetische Wirkung. Gleichzeitig zeigt diese Gleichung die obere Temperaturbegrenzung bei + 28 °C im Sommer. Vereinfacht betrachtet, zeigt dieses Ergebnis, dass das Temperaturniveau vor der verkleideten Außenwand deutlich angehoben wird und hierdurch das Temperaturgefälle von innen nach außen entsprechend geringer wird.

Weiterhin zeigt diese Untersuchung, dass bezüglich der Feuchteentwicklung bei der THF keine beachtenswerten Probleme gegeben sind. Bei dennoch bestehenden Bedenken ist es nach DIN EN ISO 6946 ohne Beeinträchtigung der Wirkung möglich, in eingeschränktem Masse eine Hinterlüftung durchzuführen.

Freilandversuch Nr. 3 in Schwarzenfeld/Opf.

Dort wurde an der Südseite einer beheizten Lagerhalle ein Versuchsaufbau mit weißen grosskeramischen Platten durchgeführt. An einer Teilfläche waren die Platten reflektierend beschichtet, an einer Teilfläche nicht und an einer weiteren teilfläche wurde ein herkömmlicher Aufbau über einer 100 mm dicken Steinwollendämmung mit Hinterlüftung hergestellt. Der messtechnische Aufwand war außerordentlich groß. Je Versuchsfeld wurden 38 Messfühler eingesetzt.

Das Messergebnis bestätigte die im 2.Versuch schon gewonnenen Ergebnisse. Im Vergleich zur gedämmten Fassade zeigte sich die Gleichwertigkeit im Hinblick auf die Oberflächentemperaturen der beheizten Innenwand. Signifikant war der zusätzliche solare und konvektiv umgewandelte Energieeintrag bei unmittelbarer Sonneneinstrahlung. Aus betriebsinternen Überlegungen heraus wendet trotz des sehr guten Ergebnisses der Keramikbetrieb derzeit das Prinzip der Thermosfassade derzeit noch nicht an.

⁴ Bei dieser Gleichung ist der Einfluss unmittelbarer Sonneneinstrahlung nicht berücksichtigt. Sie gilt für unbesonnte Fassadenflächen. Die Konstante 8 zeigt die Spalttemperatur bei 0 °C Aussenlufttemperatur.

Auch dieser Versuch wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der TFH Regensburg (Prof.Dr.-Ing. Scharf) ausgewertet. Der Diplomand beschränkte sich allerdings auf die Ermittlung des U-Werts bei der TFA, sodass hier kein nennenswert neuer Gesichtspunkt entstanden ist.

10))Ausgeführte Termosfassaden

Die am Anfang stehende Technologie wurde inzwischen im kleineren Maßstab bereits ausgeführt. Zu nennen ist ein Einfamilienhausneubau in Roßbach, Ndb. eine Giebelwandverkleidung in Thüringen sowie ein bestehendes Einfamilienhaus in Güterfelde (südl. Berlin) und in einem ersten Bauabschnitt die Verkleidung an einer Penthauswohnung im Zentrum Berlins. In Vorbereitung ist eine Thermosfassade an einem Mehrfamilienhaus in Berlin – Mariendorf, Blumenweg 21 und 21a mit ca. 1.000 qm Fläche sowie ein Neubauvorhaben für betreutes Wohnen im Landkreis Naumburg mit ca. 3.000 qm. Weitere Bauvorhaben entstehen derzeit in Saarbrücken bei Wohnhäusern aus den 60er Jahren und in Weiden/Opf. an einer großen Lagerhalle.

Das Material ist produktionstechnisch gut vorbereitet. Die derzeitige Lieferzeit beträgt nach Auftragserteilung etwa 6 Wochen.

11) Beratung

Der Verfasser führt für die Durchführung entsprechender Bauvorhaben eine umfassende Beratung durch. Hierzu gehören die bauphysikalischen Nachweise, Konstruktionszeichnungen und Verlegepläne sowie die Durchführung des Ausschreibungsverfahrens. Falls gewünscht, übernimmt der Verfasser auch die erforderliche Einweisung der Handwerksbetriebe und die örtliche Bauleitung.

Das Plattenmaterial kann derzeit über die Schwan Planungsgesellschaft mbH bezogen werden. (unter der Adresse des Verfassers)

Berlin, den 01.März 2010

Dipl.-Ing.(FH) Christoph Schwan
Architekt AKB