(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 525 357 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.04.2010 Patentblatt 2010/14

(21) Anmeldenummer: **02751048.6**

(22) Anmeldetag: **19.06.2002**

(51) Int Cl.:
E04B 1/76 *(2006.01)* ***E04B 2/02*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/006787

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/001148 (31.12.2003 Gazette 2004/01)

(54) **WANDAUFBAU UND BAUELEMENT DAFÜR**

WALL CONSTRUCTION AND COMPONENT FOR THE SAME

STRUCTURE DE MUR ET ELEMENT DE CONSTRUCTION CORRESPONDANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
SI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.04.2005 Patentblatt 2005/17

(73) Patentinhaber: **Urbigkeit, Stefan**
10709 Berlin (DE)

(72) Erfinder: **SCHWAN, Christoph**
14057 Berlin-Charlottenburg (DE)

(74) Vertreter: **Schwan - Schwan - Schorer**
Patentanwälte
Bauerstrasse 22
80796 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 001 105
DE-A- 3 530 973
DE-A- 10 062 001
GB-A- 2 054 004

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 525 357 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wandaufbau für eine gemauerte Gebäudeaußenwand mit einem Hintermauerwerk und einer Vormauerschale sowie ein Bauelement für einen solchen Wandaufbau.

[0002] In der DE-A-35 30 973 ist ein Wandaufbau für eine gemauerte Gebäude-außenwand beschrieben, welcher ein Hintermauerwerk und eine Vormauerschale aufweist. Hierbei ist an der dem Hintermauerwerk zugekehrten Seite der Vormauerschale eine Dämmstoffschicht vorgesehen, die an ihrer dem Hintermauerwerk zugekehrten Seite mit einer Wärmestrahlung reflektierenden Schicht versehen ist, und ist eine weitere Dämmstoffschicht an der der Vormauerschale zugekehrten Seite des Hintermauerwerks vorgesehen.

[0003] Die beiliegenden Figuren 2 bis 7 zeigen zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung Querschnitte durch bisher übliches Mauerwerk und auch durch Bauarten von Mauerwerk mit verstärkten Dämmschichten.

[0004] Der Wandquerschnitt gemäß Fig. 2 veranschaulicht ein einschaliges Mauerwerk aus üblichen Mauersteinen 12, z.B. Ziegel oder Kalksandsteinen. Das Mauerwerk hat eine Regelstärke von 36,5 cm, und es ist beidseitig mit Verputz 1 (Außenputz) beziehungsweise 6 (Innenputz) versehen. Der Wandaufbau vereinigt dabei tragende und fassadentechnische Funktionen in Einem. Was die Bauphysik anbelangt befindet sich die Tauzone je nach raumklimatischen Bedingungen, dem arbeitenden Heizungssystem und den Wetterbedingungen im Innenbereich des Wandquerschnittes. Dort kommt es zu Tauwasserbildung und zu einer messbaren Durchfeuchtung des Baustoffs mit einer entsprechenden Erhöhung der Wärmeleitzahl. Das tropfbar gewordene Wasser wandert kapillar zur Außenwand und wird dort in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und relativer Feuchte der Außenluft mehr oder weniger schnell abgetrocknet. Unter ungünstigen Bedingungen stellt sich die Tauzone auf der Innseite der Wand oder unmittelbar dahinter ein, sodass es auch zu Tauwasserbildung auf der Rauminnenseite kommt, verbunden mit allen Begleiterscheinungen wie zum Beispiel der Bildung von Schwarzschimmel.

[0005] Derartige Bauschäden stellen sich fast immer ein, wenn auf den Innenflächen derartiger Außenwände wärmedämmende Stoffe, auch Möbel oder Bilder, angebracht sind, da sie die Tauzone nach innen verlagern. Bei der in sich homogenen Konstruktion hängt die Wärmedämmfähigkeit von der Mauerwerksstärke und dem Feuchtigkeitszustand ab. Eine normale Wand dieser Bauart aus Vollziegeln erreicht die erforderliche Dämmfähigkeit nicht, sodass die Ziegelindustrie seit längerem Mauersteine mit einer hohen Porosität auf den Markt bringt. Mauerwerk dieser Bauart erreicht die geforderten Mindestdämmwerte, allerdings zu Lasten der Speicherfähigkeit.

[0006] Die Wandkonstruktion gemäß Fig. 2 nimmt die eingestrahlte Sonnenenergie gut auf. In den durchfeuchteten Tauwasserzonen wird die Sonnenenergie sogar besonders gut weitergeleitet. In dieser Hinsicht handelt es sich um eine gute und bewährte Wandkonstruktion, die jedoch den Anforderungen der künftigen Energieeinsparverordnung (EnEV) nicht mehr genügt.

[0007] Der in Fig. 3 gezeigte Wandaufbau entspricht dem der Fig. 2 mit der Ausnahme, dass er außen mit einer in der Regel etwa 80 mm dicken Dämmschicht 4 versehen ist, die am Mauerwerk mechanisch befestigt ist. Bei dem Außenputz 1 handelt es sich insbesondere um einen Kunstharzputz, der auf unterschiedliche Weise bewehrt ist, zum Beispiel mit Gewebe aus PVC. Da die dämmende Wirkung dieser Konstruktion überwiegend durch den Dämmstoff erzeugt wird, ist die Wandstärke auf das statisch erforderliche Maß von 24 cm reduziert.

[0008] Bei dem Wandaufbau gemäß Fig. 3 sind statische und dämmende Funktionen auf zwei unterschiedliche Baustoffschichten verteilt. Die Tauzone liegt bei dieser Konstruktion in der Regel im vorderen Drittel der Dämmschicht 4. Das dort tropfbar gewordene Wasser wird kapillar zur Außenfläche der Dämmschicht geleitet, wo es von der vorbeiströmenden Luft abgetrocknet wird. Die Außendämmung bewirkt eine Verzögerung des Wärmeenergiedurchgangs mit der Folge, dass der tragende Mauerwerksquerschnitt in einem deutlich höheren Energiezustand verbleibt.

[0009] Einstrahlende Sonnenenergie trifft nahezu unmittelbar auf die Dämmschicht 4, wo sie am weiteren Eintritt in die Mauerkonstruktion gehindert wird. Die außenliegende dünne, cirka 5 mm starke Putzschicht 1 wird erwärmt, kühlt jedoch wegen ihrer geringen absoluten Wärmespeicherungsfähigkeit auch sehr rasch wieder aus. Bei Einstrahlungsphasen befördert die Erwärmung durch Einstrahlung auch in wünschbarem Umfang die Abtrocknung der Dämmschicht 4. Sehr nachteilig ist diese Konstruktion bei dunkler und die Sonnenenergie stark absorbierender Farbgebung, da die dann erheblichen Temperaturspannungen zur Rissbildung in der Putzschicht 1 führen können. Die Hersteller dieser Dämmsysteme raten daher zu Recht von einer dunklen Farbgebung ab. Insgesamt ist diese Wandkonstruktion gegen die Einstrahlungsgewinne nahezu vollständig abgeschirmt.

[0010] Neuerdings werden bei dieser Konstruktion Bauschäden bekannt, die auf die starke Auskühlung der Oberflächen durch Abstrahlung von Wärmeenergie zurückgehen, wobei wegen der Dämmschicht nur wenig Wärmeenergie zur Oberfläche geleitet wird. Die stark ausgekühlten Oberflächen werden zur Kondensationsebene gegenüber der Außenluft. Sie werden daher von Tauwasser benässt oder beschlagen mit Reif. Die Folgen sind Veralgung der Oberflächen und die Durchnässung des Dämmstoffes.

[0011] Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es sich bei dem Wandaufbau gemäß Fig. 3 um eine bewährte Wandkonstruktion handelt, bei der jedoch in nachteiliger Weise die Sonneneinstrahlungsenergie abgeschirmt ist. Die Beheizung entsprechender Gebäude erfolgt ausschließlich über die Heizungsanlage, was energiewirtschaftlich ungünstig ist.

[0012] Die Wandkonstruktion nach Fig. 4 entspricht derjenigen von Fig. 3, jedoch nach neuer EnEV mit erheblich verstärkter Dämmschicht 4, deren empfohlene Mindestdämmstärke 20 cm beträgt. Die technische Funktion ist im Wesentlichen die gleiche wie bei Fig. 3. Es kann jedoch zu statischen Problemen wegen erheblicher Mehrgewichte in der Dämmschicht 4 und bedeutender Kragmomente in deren Verankerungen kommen.

[0013] Bauphysikalisch wird durch Verstärkung der Dämmschicht 4 rechnerisch eine bedeutende Verminderung des Wärmedurchgangs erreicht. Die Anordnung gemäß Fig. 4 ist jedoch in erheblichem Masse schadensgefährdet, da die vor der Tauzone liegende Dämmschichtstärke durch den kapillaren Druck nicht mehr überwunden werden kann. Bei Dämmstoffen aus Polystyrol ist ohnehin die kapillare Leitfähigkeit wegen der Materialstruktur sehr gering. Bei faserigen Dämmstoffen ist die kapillare Leitung strukturbedingt im Wesentlichen nur parallel zur Außenwandfläche möglich. Diese Konstruktion ist daher nur bei Verwendung von dampfdichten Dämmstoffen möglich, zum Beispiel von doppelllagig verlegten Schaumglasplatten im Klebeverfahren mit zusätzlicher mechanischer Verankerung. Die durchfeuchteten Zonen fallen als Dämmzone aus. Der sich weiter entwickelnde Prozess führt zur vollständigen Durchnässung des Dämmstoffes. Denkbar ist eine derartige Konstruktion allenfalls dann, wenn wirksame Dampfsperren vor dem Dämmstoff angeordnet werden. Solche Dampfsperren verhindern jedoch die Wasserdampfdiffusion durch die Wand, worunter volkstümlich das "Atmen" einer Wand verstanden wird.

[0014] Bedenklich ist der Wandaufbau gemäß Fig. 4 selbst in Verbindung mit den unverzichtbaren Dampfsperren auch in feuchtwarmem Sommerklima bei gedrehtem Temperatur- und Dampfdruckgefälle, da es hier zu Tauwasserbildung auf der Innenseite des Dämmstoffes kommen wird. Die dort befindliche Dampfsperre ist dann - da bauphysikalisch außenliegend - eine Quelle von Bauschäden.

[0015] Was die Sonnenenergie anbelangt, treten wegen der erhöhten Dämmstoffdicken die bereits bei der Anordnung der Fig. 3 genannten nachteiligen Effekte verstärkt ein. Zu zusätzlichen Bauschäden kann es dadurch kommen, dass - solange die Dämmschicht 4 noch nicht vollständig durchfeuchtet ist - die Außenschicht 1 durch Abstrahlung weit unter die Außenlufttemperatur abkühlt und hierdurch zur Tauzone für die winterliche Außenluft wird. Es kommt zur Reifbildung und anschließender Durchfeuchtung der Außenschicht. Mit Eintritt der Vegetationsphase im zeitigen Frühjahr kommt es auf den durchfeuchteten Flächen zur Moos- und Algenbildung mit nachfolgender Zerstörung der Außenhaut. Insgesamt ist die Lösung gemäß Fig.4 als bauschadensträchtige Fehlkonstruktion mit erheblichem Kostenaufwand zu bewerten, von der trotz der hierzu führenden Vorschriften der EnEV dringend abgeraten werden muss.

[0016] Fig. 5 zeigt einen weiteren traditionellen Wandaufbau, bestehend aus einem tragenden Mauerwerk 5 aus Ziegeln oder Kalksandsteinen oder sonstigen Mauerwerksmaterialien, auch Beton. Das Mauerwerk 5 ist meist etwa 24 cm stark, und es ist auf der Rauminnenseite mit Verputz 6 versehen. Vor dieser Wand 5 ist eine etwa 5 cm dicke strömende Luftschicht 3 angeordnet. Die Wetterhaut besteht aus einem in der Regel etwa 11,5 cm starken Sichtmauerwerk 2 aus Vormauerziegeln oder gleich gut geeignetem anderem Vormauermaterial. Das Hintermauerwerk 5 bildet die äußere Tragwand des betreffenden Gebäudes mit überwiegend statischen Funktionen. Die strömende Luftschicht 3 hat die Aufgabe, Tauwasser im vorderen Wandquerschnitt, das bis zur Wandaußenfläche kapillar gelangt, abzutrocknen. Die Vormauerschicht 2 dient als Fassade und Wetterhaut.

[0017] Was die Bauphysik anbelangt, diffundiert Wasserdampf von der Rauminnenseite in den Tragwandquerschnitt ein. Dieser Wasserdampf verändert sich durch Kondensation in der Tauzone in tropfbares Wasser, wobei die hierbei entstehende Kondensationswärme den Taupunkt geringfügig zur Wandaußenzone hin verlagert. Von dort aus wandert das Wasser kapillar nach außen bis zur Luftschicht 3 und trocknet dort ab. Nach innen wanderndes Wasser verwandelt sich wiederum in Wasserdampf.

[0018] Vom Wärmeschutz her genügt der Wandaufbau gemäß Fig. 5 unter der Annahme des Einsatzes konventioneller Heizsysteme der geltenden Wärmeschutzverordnung nicht mehr. In die Wärmedurchgangsberechnung wird lediglich die verputzte Innenschale 5 einbezogen. Die Luftschicht 3 und die Vormauerschale 2 gelten bereits als Außenzone. Die Strahlungsenergie aus der Sonne wird von der Vormauerschale 2 aufgenommen, sodass sie sich auch im Winter unter günstigen Bedingungen erwärmen wird. Die strömende Luftschicht 3 führt jedoch einen Teil der Wärmeenergie ab. Eine Wärmeleitung durch Konvektion zwischen Außenschale 2 und Innenwand 5 findet nur in nicht nennenswertem Masse statt. Ein Teil der eingestrahlten Sonnenenergie wird jedoch von der Außenschale 2 auf die Innenwand 5 durch Strahlung übertragen und verringert so das Temperaturgefälle zwischen der Rauminnenfläche und der Außenfläche der tragenden Wandschicht. Die Wärmespeicherungsfähigkeit dieses Wandaufbaus ist im Hinblick auf die Energiegewinne aus der Sonneneinstrahlung mäßig gut.

[0019] Prinzipiell handelt es sich bei der Anordnung der Fig. 5 um eine gute Wandkonstruktion, die vorzugsweise in küstennahen Bereichen Norddeutschlands eingesetzt wird. Sie erfüllt jedoch die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nicht, und sie ist vollkommen unzulässig nach der neuen EnEV.

[0020] Fig. 6 zeigt eine inzwischen weit verbreitete Wandkonstruktion, bei der eine beispielsweise 24 cm starke tragende Innenwand (Hintermauerwerk) 5 mit vorgesetzter Dämmschicht 4, eine Hinterlüftungszone 3 und eine zum Beispiel 11,5 cm dicke Wetterhaut aus Vormauersteinen 2 vorgesehen sind. Diese Wandkonstruktion ist bauphysikalisch etwa wie der Aufbau nach Fig. 3 zu bewerten. Die Vormauerschicht 2 wird wärmetechnisch nicht bewertet. Sie kann durch jede andere Art der vorgesetzten und hinterlüfteten Fassade ersetzt werden. Im Hinblick auf die Sonneneinstrah-

lung bestehen nur minimale Unterschiede zum Wandaufbau nach Fig. 3. Es handelt sich um eine gute Wandkonstruktion mit ausreichender Wärmespeicherung und ausreichender Dämmwirkung, die jedoch nach der künftigen EnEV als nicht ausreichend bewertet wird.

[0021] Das Hintermauerwerk 5 übernimmt dabei im Wesentlichen statische Aufgaben. Da eine 24 cm dicke Ziegel- oder Kalksandsteinwand keinen ausreichenden Wärmeschutz bietet, muss das Hintermauerwerk 5 der Anordnung gemäß Fig. 6 an seiner der Vormauerschale 2 zugewendeten Seite eine mindestens 60 mm starke Dämmschicht 4 tragen, um die Anforderungen der DIN 4108 zu erfüllen. Zwischen der Dämmschicht 4 und der Innenseite der Vormauerschale 2 befindet sich der im veranschaulichten Beispiel etwa 50 mm breite Luftspalt 3 zur Hinterlüftung der Vormauerschale 2. Ein Innenwandputz ist wieder bei 6 angedeutet.

[0022] Ein solcher konventioneller Wandaufbau beruht auf den genormten Anforderungen für den Wärmeschutz im Hochbau. Der Norm (DIN 4108) liegt die Vorstellung über einen "Wärmestrom" zugrunde, und die genormte Dämmtechnik versucht daher, durch den Einbau von Stoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit die Dämmfähigkeit einer Wandkonstruktion in sich zu erhöhen. Dies gelingt auch bei richtiger Dimensionierung der Dämmstoffe ganz gut. Im Laufe der Entwicklung der DIN 4108, die zunächst nur Tauwasserschäden vorbeugen sollte, hat sich ein Bedeutungswandel eingestellt. Seit Jahren ist das Ziel der Norm mehr und mehr die Energieeinsparung. Folgerichtig wurden in der Norm im Laufe der Jahre die Mindeststärken der Dämmschichten fortwährend erhöht.

[0023] Die derzeit in Vorbereitung befindliche neue Norm (die bereits oben erwähnte EnEV) sieht, wie in Fig. 7 dargestellt, 20 bis 30 cm dicke Dämmschichten 4 in Verbindung mit luftdichten Gebäuden (ohne Lüftung über Fenster) und dem Einbau von Klimaanlagen vor.

[0024] Gegen den konventionellen Wandaufbau ist, insbesondere für größere Dämmschichtstärken, einzuwenden, dass die genormten Berechnungen über den Wasserdampfdurchgang (Diffusion) einheitlich zeigen, dass die Tauzone, also der Bereich, in dem diffundierender Wasserdampf tropfbares Wasser wird, sich in aller Regel im vorderen Drittel des Dämmstoffs einstellt. Dort kommt es somit zu einer die dämmende Wirkung mindernden Durchfeuchtung des Dämmstoffes. Bei den bisher üblichen Dämmschichtstärken von 6 bis 10 cm liegt der Taupunkt 2 bis 3 cm vor der Außenfläche. Die restliche Distanz kann vom Wasser durch kapillare Leitung überwunden werden. Zum Abführen der Feuchtigkeit wird bei dieser Wandkonstruktion eine Hinterlüftung angeordnet. Für diese ist eine mindestens 50 mm dicke Luftschicht vorzusehen, die so gestaltet sein muss, dass Luft wie in einem Kamin die Dämmschicht fortwährend bestreicht und somit überschüssige Feuchtigkeit, die durch Kapillarwirkung zur Oberfläche der Dämmschicht gewandert ist, vom Luftstrom abgetragen und ins Freie transportiert wird. Hierzu ist die Anordnung von Zu- und Abluftöffnungen in der Vormauerschale notwendig. Deren trocknende Wirkungsweise ist jedoch nur dann gewährleistet, wenn die Luft einen relative Feuchtigkeit von weniger als 70% hat und außerdem alle Stellen der Dämmstoffoberfläche bestrichen werden.

[0025] Aus konstruktiven Gründen ist eine vollflächige Abtrocknung der Dämmstoffe aber nur in seltenen Fällen möglich. Meist liegen ungeklärte Strömungs- und Auftriebszustände vor. Insbesondere wird der Luftdurchsatz durch Fensteröffnungen und ähnliche Strukturen unterbrochen, so dass es in den betroffenen Zonen zur dauernden Durchfeuchtung des Dämmstoffes kommt. Ein erheblicher Teil der Wärmeenergie geht bei dieser Konstruktion durch Abstrahlung gegen die Vormauerschale verloren, da die üblichen Dämmstoffe der Wärmeabstrahlung nur gering entgegenwirken. Die in die Vormauerschale eingestrahlte Wärmeenergie wird durch die den Luftspalt 3 durchströmende Luft ebenfalls abgetragen.

[0026] Betrachtet man die konventionelle Konstruktion unter dem Gesichtspunkt der Einstrahlungsgewinne aus dem Sonnenlicht in der Heizperiode, stellt sich der eingebaute Dämmstoff als sehr nachteilig heraus, da er den Energiefluss von außen nach innen behindert. Außerdem entzieht die strömende Luftschicht durch Konvektion der Vormauerschale die eingestrahlte Energie, bevor sie dem Hintermauerwerk zugute kommen kann.

[0027] Problematisch ist außerdem, dass der Dämmstoff mit großer Sorgfalt angebracht werden muss, weil eine Hinterlüftung auf der Seite der Tragwand die dämmende Wirkung des Dämmstoffes verhindert. Die Sorgfalt der hier erforderlichen handwerklichen Arbeit kann - da die Konstruktion verdeckt ist - nicht geprüft werden.

[0028] Sehr nachteilig ist schon bei der Anordnung gemäß Fig. 6 auch die große Wandstärke mit 48 cm im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes. (Wohnflächenverlust). Nachteilig sind ferner die sehr aufwendigen Anschlussdetails bei Mauerwerksöffnungen. Schwierig lösbar ist die Hinterlüftung im Bereich von Mauerwerksöffnungen. Auch besteht die Gefahr einer Besiedelung durch Ungeziefer im feuchtwarmen Milieu zwischen Vormauerung und Tragwand insbesondere über die Zuluftöffnungen am Fußpunkt der Vormauerschale.

[0029] Bei stärkeren Dämmschichten von 20 bis 30 cm Stärke (Fig. 7), wie sie künftig gefordert werden, ist die Schichtdicke vor der Tauzone bereits 8 bis 10 cm stark. Diese Distanz kann vom Wasser nicht mehr überwunden werden. Das Wasser verbleibt somit im Dämmstoff, wo es den Bereich der Tauzone durchnässt. Der so durchnässte Bereich wird als Dämmschicht wirkungslos. Er verkehrt sich in das Gegenteil einer Wärmedämmung, nämlich eine Zone verstärkter Wärmeleitung. Bei dem sich selbst aufschaukelnden weiteren Vorgang wandert die Tauzone immer weiter nach innen und erreicht letztlich den Mauerquerschnitt. Es kommt zur Durchnässung des Mauerwerks, was eine Quelle erheblicher Bauschäden darstellt. Sobald sich innerhalb des Dämmstoffes eine mehr oder weniger geschlossene Wasserschicht eingestellt hat, wirkt diese als Dampfbremse, die zum Stillstand der bis dahin noch wirkenden Wasserdampf-

diffusion führt. Hinzu kommt, dass die Dicke der gemauerten Wandkonstruktion wegen der dann erheblich vergrößerten Dämmschicht zu beträchtlichen Wohn- und Nutzflächenverlusten führt, welche eine solche Konstruktion in vielen Fällen unwirtschaftlich werden lässt. Unklar ist, ob bei dieser Konstruktion eine Luftschichtdicke von 5 cm noch ausreichend ist.

[0030] Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass Dämmstoffe in nennenswertem Maße Wärmeenergie nicht speichern können. Es fehlt an der hierzu notwendigen Wärmekapazität. Bei Dämmschichtdicken zwischen 8 und 12 cm Stärke treten erfahrungsgemäss die vorstehend geschilderten Schäden noch nicht ein. Allerdings macht sich die hier noch wirkende Dämmwirkung in der Form bemerkbar, dass das Energiedefizit, das durch Abstrahlung und mangelnden Wärmenachschub entsteht, zu einer Absenkung der Oberflächentemperatur deutlich unter die Temperatur der Umgebungsluft führt. Die Oberfläche der Dämmschicht wird somit zur Kondensationsfläche gegenüber der Außenluft. In kalten und wolkenlosen Winternächten kommt es daher zur Reifbildung mit anschließender Durchfeuchtung der Wandoberflächen. Moos- und Algenbildung sind die unausweichliche Folge. In der Fachliteratur häufen sich neuerdings - mit Zunahme der Dämmstärken - derartige Schadensberichte.

[0031] Hinzu kommt, dass der Mensch zum Wohlbefinden und zur Aufrechterhaltung seiner Gesundheit ein ausreichend sauerstoffhaltiges Frischluftangebot benötigt. Nach den Regeln der Bautechnik wird dies durch einen regelmäßigen Luftwechsel einmal je Stunde erreicht. Durch zufällige Undichtigkeiten im Fensterbereich war dieser Luftwechsel bisher mehr oder weniger gewährleistet. Bei einem luftdichten Gebäude, wie es nach dem derzeitigen Referentenentwurf im Bundeswohnungsbauministerium gefordert wird (EnEV 2000), ist das jedoch nur in Verbindung mit Klimaanlagen denkbar. Derartige Anlagen arbeiten mit einer Frischluftbeimengung von 20 Vol.% / Stunde, sodass die Frischluftversorgung fünffach gemindert wird. Der Sauerstoffgehalt der Raumluft ist daher entsprechend gering. Neuere Forschungen zeigen, dass es in derart klimatisierten Räumen zu einem dramatischen Anstieg der Radonbelastung kommen kann. Es liegen auch Erhebungen darüber vor, dass Bewohner derartiger Räume überdurchschnittlich an Erkrankungen der Atemwege leiden.

[0032] Der Versuch einer Energieeinsparung durch dickere Dämmschichten in Verbindung mit einem luftdichten Abschluss der Gebäude ist daher offenkundig mit beachtlichen Verschlechterungen verbunden. Die Anordnung gemäß Fig. 7 ist daher abzulehnen. Es handelt sich um einen Wandaufbau, der wohl kaum ausgeführt werden wird, obwohl er den Anforderungen der künftigen EnEV voll entspricht. Eine Wanddicke von 62 cm (Mindestdicke) wird von einem wirtschaftlich denkenden Bauherrn nicht akzeptiert werden. Auch bestehen nahezu unlösbare Probleme im Brandfall, wenn sich der Dämmstoff entzündet. Eine Ausführung der Dämmschicht aus Schaumglas kommt aus Kostengründen nicht in Betracht. Insgesamt stellt diese Lösung eine unwirtschaftliche Fehlkonstruktion mit hoher Bauschadensanfälligkeit dar.

[0033] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Wandaufbau für gemauerte Gebäudeaußenwände zu schaffen, der bei vergleichsweise niedrigem Raumbedarf nicht nur für eine ausreichende Gebäude-Wärmedämmung bei relativ niedriger Außentemperatur sorgt, sondern darüber hinaus auch einen exogenen Energieeintrag befördert sowie Bauschäden durch Durchnässung des Wandaufbaus aufgrund von Tauwasserbildung zuverlässig entgegenwirkt.

[0034] Diese Aufgabe wird ausgehend von einem Wandaufbau für eine gemauerte Gebäudeaußenwand mit einem Hintermauerwerk und einer Vormauerschale dadurch gelöst, dass die Vormauerschale mindestens teilweise aus Bauelementenwie Ziegelsteinen, Bausteinen oder dergleichen aufgebaut ist, die nur an ihrer dem Hintermauerwerk zugekehrten Seite mit einer Wärmestrahlung reflektierenden Schicht versehen sind und wobei erfindungsgemäß zwischen der Vormauerschale und dem Hintermauerwerk keine Dämmstoffschichten vorgesehen sind jedoch eine im wesentlichen stehende Luftschicht ausgebildet ist.

[0035] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der oben dargestellte konventionelle Wandaufbau nur das Problem der Wärmeleitung innerhalb der Baustoffe berücksichtigt, denn die in der Norm enthaltenen "k-Zahlen" (Wärmekoeffizienten in $W/(m^2 \times °K)$ sagen lediglich etwas über den Durchgang von Wärmeenergie im Baustoff aus. Energieverluste entstehen jedoch nicht durch Energieumsätze innerhalb der Baustoffe, sondern ausschließlich dadurch, dass Wärmeenergie an die Umwelt abgegeben wird. Wie aber der Energieübertritt von einer Außenwand in die Umgebung stattfindet, kann den k-Zahlen nicht entnommen werden und ist auch nicht Gegenstand der einschlägigen Normen.

[0036] Es wurde nun festgestellt, dass der Verlust von Wärmeenergie an die Umwelt überwiegend (zu etwa 85%) durch Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen im infraroten Bereich erfolgt. Der weitaus geringere Teil der Wärmeübertragung in die Umgebung geschieht durch Konvektion, also durch unmittelbare Übertragung der in den Teilchen enthaltenen kinetischen Energie an vorbeistreichende Luftteilchen. Das Ausmaß dieser Wärmeenergieübertragung schwankt in Abhängigkeit von den Windgeschwindigkeiten und vom Feuchtigkeitszustand der Wandoberflächen und der vorbeiströmenden Luft.

[0037] Den Wärmedurchgang durch Baustoffe bis in die Außenschichten kann man hinnehmen, wenn es gelingt, die dort abgestrahlte Energie wieder ins Bauwerk zurückzuführen. Letzteres geschieht vorliegend durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Vormauerschale an ihrer Innenseite. Da elektromagnetische Wellen im Infrarotbereich sich grundsätzlich wie sichtbares Licht verhalten, können sie nämlich wie dieses auch reflektiert werden.

[0038] Zwar könnte man daran denken, in eine gemauerte mehrschalige Wandkonstruktion reflektierende Schichten in Form von hochglänzenden Aluminiumfolien oder von im Handel befindlichen aluminiumbedampften Kunststofffolien

einzubringen. Der Einbau von solchen Folien verbietet sich jedoch in der Regel schon wegen konstruktiver Probleme, aber auch dadurch, dass derartige Materialien höchst unerwünschte Diffusionssperren wären.

[0039] Erfindungsgemäß sind dagegen Bauelemente der Vormauerschale selbst, insbesondere Ziegel- oder Kalksandstein-Vormauersteine, aber auch für einen nachträglichen Verputz vorgesehene Mauersteine der Vormauerschale oder andere zur Herstellung von Vorsatzschalen in Mauertechnik eingesetzte Materialien, an ihrer dem Hintermauerwerk zugekehrten Seite wärmestrahlungsreflektierend ausgebildet, indem sie mit einer reflektierenden Schicht, z.B. aus aufgedampftem Aluminium oder anderen Materialien mit reflektierender Wirkung versehen sind. Derartige Bauelemente (Mauersteine) können in üblicher Weise vermauert werden, wobei über die Fugen, insbesondere Mörtelfugen, der Vorsatzschale die Wasserdampfdiffusion gewährleistet ist.

[0040] Bei dem Wandaufbau nach der Erfindung wird die von innen kommende und nach außen abgestrahlte Wärmeenergie zum größten Teil in den erwärmten Mauerwerksquerschnitt reflektiert. Dies funktioniert sowohl bei hinterlüfteten Vorsatzschalen, als auch bei angemörtelten Vorsatzschalen, da der Hinterfüllungsmörtel wegen seiner Porosität die Reflektionswirkung kaum behindert. Zu bevorzugen ist allerdings die hinterlüftete Vorsatzschale. Zusätzliche Dämmschichten werden hierbei entbehrlich. Soweit sie dennoch eingesetzt werden sollen, können sie sehr schwach gehalten werden.

[0041] Bei einem vollfugig gemauerten Mauerwerk dringt Schlagregen erfahrungsgemäß bis in eine Tiefe von etwa 60 mm ein. In diesem Falle erreicht der Schlagregen daher bei einer Vormauerschale, die eine Dicke von mehr als 60 mm hat, die Reflexionsschicht nicht, sodass sie daher auch keinen Einfluss auf das Austrocknungsverhalten der Vormauerschale hat.

[0042] Bei einer handwerklich minder guten Arbeit kann Schlagregen über Hohlräume in den Mörtelfugen die Vorsatzschale durchdringen. Im Extremfall kommt es daher zu auf der Innenseite der Vorsatzschale herabfließendem Wasser. Solches Wasser wird aber den dahinter liegenden, vorzugsweise durch eine Luftschicht von der Vormauerschale getrennten Hintermauerquerschnitt nicht erreichen. Mit üblichen und bewährten Konstruktionen ist nur - wie jetzt auch schon - dafür zu sorgen, dass dieses Wasser, zum Beispiel am Mauerfuß, wieder nach außen abfließen kann.

[0043] Die Einstrahlungsgewinne aus dem Sonnenlicht sind auch im Winter beachtlich. Diese werden auch durch die wärmestrahlungsreflektierende Ausbildung von Bauelementen der Vormauerschale, zum Beispiel durch Aufdampfen einer Aluminiumschicht, nicht nennenswert behindert. Eine Reflexion der eingestrahlten Energie in die Vorsatzschale zurück ist deshalb nicht möglich, weil sich zwischen der reflektierenden Schicht und dem Hintermauerwerk keine Lichtwellen entfalten können. Hierzu wäre mindestens die Wellenlänge infraroten Lichtes erforderlich. Andererseits kann die Abstrahlung der Wärmeenergie allenfalls dadurch geringfügig behindert sein, dass helle metallische Flächen schlechte Strahler sind.

[0044] Die Verwendung von nur an seiner Innenseite reflektierendem Mauermaterial für die Vormauerschale führt zu einem ausreichenden Wärmeschutz auch im konventionellen Mauerwerksbau. Damit kann diese bewährte und zu sehr befriedigenden Architekturen führende Bauweise auch künftig beibehalten bleiben. Von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung ist dies zweifellos für die Ziegel- und Kalksandsteinindustrie.

[0045] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Wandaufbau,

Fig. 2 bis 6 Querschnitte für verschiedene Ausführungen von konventionellem Wandaufbau, und

Fig. 7 einen Querschnitt durch einen Wandaufbau entsprechend Fig. 6, der jedoch im Hinblick auf die künftige Energieeinsparverordnung (EnEV) mit einer dickeren Dämmschicht versehen ist.

[0046] Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel für den neuartigen Wandaufbau einer gemauerten Gebäudeaußenwand weist ein tragendes Hintermauerwerk 5 aus üblichen Ziegelsteinen auf, die in der Regel etwa 24 cm stark sind. Es kommen jedoch grundsätzlich auch schwächere Stahlbetonwände und dergleichen in Betracht. Zu dem Wandaufbau gehört ferner - analog zu dem konventionellen Wandaufbau gemäß Fig. 5 - eine Vormauerschale 2, die im veranschaulichten Ausführungsbeispiel etwa 11,5 cm dick ist. Auf eine Dämmschicht entsprechend der Dämmschicht 4 der bekannten Anordnungen gemäß den Figuren 3, 4, 6 und 7 ist verzichtet. Zwischen der Außenseite des Hintermauerwerks 5 und der Innenseite der Vormauerschale 2 befinden sich Luftkammern 9 ohne Zu- und Abluftöffnungen. Die Luftkammern 9 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel etwa 30 mm stark und durch waagerecht verlaufende, den Zwischenraum zwischen der Vormauerschale 2 und dem Hintermauerwerk 5 überbrückende Stege 10 voneinander getrennt, um einen Luftumtrieb zu unterdrücken. In den Luftkammern 9 wird eine in der Regel stehende Luftschicht ausgebildet. Diese stehende Luftschicht wirkt als sehr gute Dämmschicht, und sie ersetzt die bisher üblichen Dämmstoffe in diesen Bereich. Ein Innenwandputz ist wiederum bei 6 angedeutet.

[0047] Die Vormauerschale 2 ist aus Bauelementen 11 aufgebaut, bei denen es sich vorzugsweise um Ziegel- oder

Kalksandstein-Vormauersteine, zum Beispiel aber auch um Natur- und Kunststeinplatten, Faserzementplatten, Kunststoffpaneele oder dergleichen handeln kann. Lager- und Stoßfugen, insbesondere Mörtelfugen, sind bei 7 angedeutet. Die Bauelemente 11 der Vormauerschale 2 sind ausschließlich an ihrer Innenseite wärmestrahlungsreflektierend beschichtet, beispielsweise mit einer Reflexionsschicht 8 aus aufgedampftem Aluminium versehen.

[0048] Das gesamte Mauerwerk gemäß Fig. 1 wird in gewohnter Weise gemauert. Hierbei wird zunächst die Hintermauerschale 5 errichtet. Die Erstellung der Vormauerschale 2 erfolgt in einem zweiten Arbeitsgang von einem Außengerüst aus. Um eine Verschmutzung der hochglänzenden Reflexionsschichten 8 zu vermeiden, ist vorzugsweise bei Vermauern der Vormauersteine in dem Zwischenraum zwischen der Vormauerschale 2 und der Hintermauerschale 5 eine weiche Platte, zum Beispiel eine Steinwolleplatte, zu unterhalten, die dem Fortschritt der Arbeiten entsprechend hochzuziehen ist.

[0049] Der vorliegenden Wandkonstruktion liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Abgabe von Wärmeenergie einer Wand überwiegend durch Abstrahlung im Infrarotbereich des elektromagnetischen Wellenspektrums erfolgt, dass diese Strahlung durch glänzende Schichten, vorzugsweise Metallschichten, reflektiert werden kann, dass Luft vollkommen strahlungsdurchlässig ist und außerdem stehende oder kaum bewegte Luftschichten den mit Abstand besten Dämmstoff gegen den Energieübergang von Teilchen zu Teilchen darstellen. Weiterhin berücksichtigt dieser Wandaufbau, dass sich elektromagnetische Wellen nur in Bereichen mit der Mindestausdehnung der Länge einer Lichtwelle entfalten können, nicht aber zwischen dicht miteinander verbundenen Stoffen wie der Innenseite der Bauelemente 11 der Vormauerschale und der dort aufgebrachten Reflexionsschicht 8.

[0050] Die in den Luftkammern 9 ausgebildete stehende Luftschicht - eine Hinterlüftung ist hier nicht erforderlich - wirkt also als hochwirksame Dämmschicht. Nach Norm hat diese Luftschicht bereits einen Wärmedurchlasswiderstand von 0,17 (m^2 x K/W). Da eine stehende Luftschicht wegen ihrer geringen Masse baupraktisch gesehen eine Wärmeleitung durch Weitergabe von kinetischer Wärmeenergie nahezu vollständig unterbindet, ist die gezeigte Wandkonstruktion im Hinblick auf diesen Vorgang annähernd "energiedicht". Bei einer stehenden Luftschicht wirkt auch die Vormauerschale 2 als wärmedämmend und wärmespeichernd mit.

[0051] Die durch die Raumbeheizung in die Gebäude-Außenwand eingetragene Wärmeenergie erreicht die Außenseite der tragenden Innenwand 5. Die dort eintreffende Energie wird von dort den Strahlungsgesetzen gemäss abgestrahlt. Zu gewichten ist hierbei, dass je nach Energiezustand der Wandkonstruktion mindestens 85% der Energieabgabe durch Wärmestrahlung erfolgt. Die an der Außenseite des Hintermauerwerks 5 abgestrahlte Energie trifft auf die Reflexionsschicht 8, und sie wird daher nach den Reflexionsgesetzen zurückgespiegelt. Nach vorliegenden Untersuchungen ist eine hochglänzende Aluminiumschicht in der Lage, etwa 80% der eingestrahlten Energie zu reflektieren. Dieser Anteil der Wärmeenergie bleibt somit im Mauerwerksquerschnitt vollständig erhalten.

[0052] Ein geringerer Anteil der Innenseite der Vormauerschicht 2, nämlich der Anteil der Fugen 7, ist nicht verspiegelt. Dort können etwa 10 - 15% der an der Außenseite des Hintermauerwerks 5 abgestrahlten Energie in die Vormauerschale 2 eindringen. Dieser geringe Energieeintrag in die Vormauerschale ist jedoch erwünscht, da die Außenschale 2 nicht unter die Temperatur der Außenluft abkühlen soll. Dort wäre sie nämlich sodann eine Tauzone gegenüber der Außenluft mit den nachteiligen Folgen analog zu den Erscheinungen gemäss dem Wandaufbau in Fig. 4. Unbedenklich ist dieser Energieeintrag in die Außenschale 2 auch deshalb, weil bei diesem Wandaufbau wegen der stehenden Luftschicht auch die Vormauerschale als dämmende Schicht mit einbezogen werden kann. Diese Eigenschaft der Vormauerschale kompensiert somit ausreichend den anfänglichen Energieverlust über die Mauerfugen 7. Andererseits übernehmen die dampfdurchlässigen Mauerfugen 7 der Außenschale 2 den notwendigen Feuchteausgleich zwischen Innenmauer 5, Luftschicht 9 und Vormauerschale 2. Der gesamte Wandaufbau ist daher diffusionsoffen. Dies ist deshalb von großer Bedeutung, weil die Tauzone dieser Wandkonstruktion je nach Witterungs- und Beheizungszustand entweder in der stehenden Luftschicht oder in der Vormauerwand liegt.

[0053] Da durch die nahezu vollkommene Zurückhaltung der von Innen kommenden Wärmestrahlungsenergie in Verbindung mit der stehenden Luftschicht und wegen der dämmtechnischen Mitwirkung der Außenschale eine erhebliche Verbesserung der Dämmfähigkeit dieses Schichtenaufbaus gegeben ist, kann auf den Einsatz von Dämmschichten, wie etwa den Dämmschichten 4 bei den Anordnungen der Figuren 2, 4, 6 und 7, vollständig verzichtet werden. Dies führt neben der Verringerung der Wanddicke, die mit einem erheblichen Gewinn an Wohn- und Nutzflächen einhergeht, zu einer beachtlichen Einsparung von Baukosten im Wert der ersparten Dämmstoffe (derzeit etwa EURO 13,-- bis DM 30,--/m^2 Wandfläche). Diese Ersparnis liegt deutlich über den höheren Kosten für eine reflektierende innenseitige Beschichtung der Vormauersteine 2. Dabei ist festzuhalten, dass die Luftschicht zwischen Innen-und Außenschale des Wandaufbaus deshalb stehend angeordnet werden kann, weil in diesem Wandaufbau ein Dämmstoff nicht eingebaut ist und es daher auch kein Bedürfnis zur Belüftung und Trocknung eines Dämmstoffes gibt.

[0054] Eine Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Zahl) für den vorliegenden Wandaufbau ohne Berücksichtigung des geschilderten Reflexionseffekts ergibt nach den Berechnungsverfahren der DIN 4108 einen Wert von 0,876 W/(m^2 x K). Dieser Wert liegt bereits erheblich unter dem nach der gültigen Wärmeschutzverordnung geforderten Wert von 1,56 W/(m^2 x K), nämlich etwa bei der Hälfte des zulässigen Wertes. Führt man in diese Berechnung noch den Wärmerückführungsgewinn aus der Reflexionsschicht ein und dimensioniert diesen als Faktor vorsichtig mit

0,40, reduziert sich die sogenannte "k-Zahl" auf einen Wert von

$$0{,}40 \times 0{,}876 = 0{,}350\ W/(m^2 \times K).$$

[0055] Dieser Wert entspricht genau der Maximalforderung der neuen EnEV. Dabei ist hervorzuheben, dass dieses hervorragende Ergebnis ohne den Einsatz von Dämmstoffen erreicht wird.

[0056] Erheblich vorteilhafter ist schließlich die vorliegende Konstruktion im Hinblick auf die Einstrahlungsgewinne aus dem Sonnenlicht, da diese im wesentlichen ungehindert über die Außenschale 2 auf dem Wege der Einstrahlung von der Außenschale 2 durch die Luftschicht 3 hindurch auf das Hintermauerwerk 5 einwirken können.

[0057] Die Strahlungsenergie aus dem Sonnenlicht erwärmt primär die Vormauerschale 2, sodass sich diese auch an klaren winterlichen Sonnentagen deutlich über die Umgebungslufttemperatur erwärmen wird. Bei den üblichen Wandbaustoffen für Vormauerschalen ist diese nach etwa 2 Stunden Einstrahlungsdauer gleichmäßig durchwärmt. Die Vormauerschale 2 gibt nun ihrerseits - zu einem geringen Teil durch Konvektion in der nun etwas turbulenter werdenden Luftschicht in den Luftkammern 9, zum überwiegenden Teil durch Abstrahlung - die eingesammelte Sonnenenergie auf das Hintermauerwerk 5 ab. Hierbei sind folgende Effekte zu betrachten:

[0058] Die Luftschicht in den Luftkammern 9 stellt für den Durchgang der Wärmestrahlung kein Hindernis dar. Sie ist daher für den Strahlungsvorgang ohne Belang.

[0059] Ebenso behindert die Reflexionsschicht 8 die Abstrahlung nicht, da sie dicht an die Rückseite der Vormauersteine angelagert ist und somit eine Reflexion in die Vormauerschale 2 unmöglich ist. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Reflexionsschicht 8 in der Regel ein verhältnismäßig schlechter Strahler ist, sodass der Abstrahlungsvorgang zum Hintermauerwerk 5 etwas verzögert wird. Dieser Effekt ist jedoch erwünscht, da er mit der sehr guten Wärmekapazität von Mauerwerk harmoniert.

[0060] Günstig und kompensierend wirkt sich hierbei auch aus, dass bei einer Erwärmung der Vormauerschale 2 dort abgelagertes Tauwasser in der Luftschicht der Luftkammern 9 ausdampft, wodurch sich die Wärmeleitfähigkeit dieser Luftschicht in dieser Phase aus dem feuchtadiabatischen Verhalten der Luft in der Weise auswirkt, dass sie besser als trockene Luft den Energietransport von außen nach innen bewerkstelligt.

[0061] Die erfindungsgemäße Wandkonstruktion stellt im konventionellen Mauerwerksbau eine Umwälzung dar, da hier erstmalig physikalische Wirkungen und Ereignisse sinngemäß in eine Konstruktion umgesetzt werden, bei der insbesondere die richtigen Schlussfolgerungen daraus gezogen werden, dass der überwiegende Teil des Energieabtrags von einer Wand nicht durch die Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe bestimmt wird, sondern durch die Abstrahlung elektromagnetischer Wellen im Infrarotbereich.

[0062] Mit einem als minimal zu bezeichnenden Zusatzaufwand, der im Wesentlichen in der Ausrüstung der Vormauerbaumaterialien mit einer Reflexionsschicht besteht, gleichzeitig unter Vermeidung aufwendiger Dämmstoffe, kann der altbewährte konventionelle Mauerwerksbau wirtschaftlicher als bisher trotz der einengenden Bestimmungen der künftigen EnEV weitergeführt und zu neuer Blüte gebracht werden. Ohne diese Erfindung hätte die EnEV das "Aus" für diese Bauweise bedeutet.

[0063] Eine im Rahmen der vorliegenden Erfindung mögliche Variante zu der in Fig. 1 dargestellten Fassadenverkleidung mit verspiegelten Vormauersteinen ist die Verwendung von dünnwandigen Fassadenplatten, z.B. der ETERNIT AG, die auf der Rückseite mit reflektierendem Material ausgerüstet sind. Eine erste Versuchsreihe, die auf einer Nordwand durchgeführt wurde, hat als erstes Teilergebnis erbracht, dass dieser Aufbau einer äquivalenten Dämmschichtdicke von 30 mm Polystyrolhartschaum entspricht und daher hiermit der Mindestwärmeschutz erreicht wird, wobei Tauwasserschäden zuverlässig vermieden bleiben.

[0064] Entscheidend für diesen Wandaufbau ist jedoch weniger die Reduzierung von Transmissionswärmeverlusten als die Verbesserung der Energiebilanz im Verlauf der Heizperiode, die ja maßgeblich davon bestimmt wird, dass nicht nur Wärmeenergie im Bauwerk zurückgehalten wird, sondern davon, dass von außen ankommende Wärmeenergie beim Eintritt in die Hüllflächen möglichst wenig behindert wird. Derartige Effekte treten naturgemäß an besonnten Flächen eines Gebäudes, also an den Ost- Süd- und Westseiten verstärkt, an Nordseiten nur gering auf.

[0065] Bei einer dünnwandigen Konstruktion, die im Wesentlichen aus reflektierend beschichteten Fassadenplatten besteht, die durch eine geeignete Unterkonstruktion und mit Fugendichtungsbändern so an der Maueraußenfläche befestigt wird, dass sie als "nicht hinterlüftet" angesehen werden kann, treten die folgenden bauphysikalischen Effekte auf:

1) Reflektion von Wärmestrahlung:

In Abhängigkeit von jeweiligen Reflexionsgrad der Beschichtung wird von innen stammende strahlende Wärmeenergie von im Strahlungsaustausch stehenden Flächen mit unterschiedlichem Strahlungskoeffizienten im

Bauwerk zurückgehalten.

2) Dämmung durch stehende Luftschicht:

Die stehende Luftschicht behindert den Energieübergang von innen nach außen wegen ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit. Bei den Messungen hat sich eine gute Übereinstimmung mit den Wärmeleitzahlen nach DIN 4108-6 gezeigt.

3) Wärmerückgewinnung durch Kondensation:

Die stehende Luftschicht stellt sich auf einen hohen Wasserdampfanteil ein. Die relative Luftfeuchte innerhalb der Luftschicht beträgt im Winter 90% und mehr. An den zeitweise nicht durch Sonnenstrahlung betroffenen Flächen, an Nordseiten sogar immer, kommt es daher an den reflektierenden Innenschichten zur Wasserdampfkondensation, bei der die Kondensationswärme, das heißt der Energiebetrag, der bei gleich bleibender Stofftemperatur ausschließlich zur Änderung des Aggregatzustandes von flüssig nach gasförmig aufgewendet wird und in Tabellenwerken für Wasser mit 627 Wh/kg angegeben wird - ähnlich wie bei sonstigen Wärmerückgewinnungsanlagen im Lüftungsanlagenbereich - frei gesetzt wird und somit das Temperaturniveau im Luftspalt angehoben wird. Folglich verkleinert sich das den Energiedurchgang linear bestimmende Temperaturgefälle entsprechend.

4) Wirkungen der Sonneneinstrahlung:

Je nach Jahreszeit und Bedeckungsgrad sind auf besonnten Flächen mehr oder weniger große eingestrahlte Energiebeträge zu verzeichnen, die zu einer Erwärmung der Fassadenplatten über die Temperatur der Außenluft hinaus führen. Gemessen wurden bereits im März Oberflächentemperaturen von über 40 °C bei Außenlufttemperaturen um 0 °C. Zu betrachten ist somit

im Hinblick auf die Energiebilanz das Ausmaß der Wärmeübertragung von außen nach innen in die Wandkonstruktion hinein.

[0066] Bei einem Vergleich von beschichteten mit unbeschichteten Fassadenplatten ist zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit von der Oberflächenfarbe durch Absorption des nicht reflektierten Lichtes eine Erwärmung der Fassadenplatte erfolgt. Hierdurch entsteht ein Temperaturgefälle zwischen Fassadenplatte und den beidseitig anstehenden Luftschichten. Gegenüber der Umgebung wird die eingetragene Energie teils konvektiv, teils durch Strahlung abgebaut. Dieser Energieverlust muss in Kauf genommen werden. Da bei dünnen Fassadenplatten von einer gleichmäßigen Erwärmung des gesamten Materials ausgegangen werden kann, erfolgt auch ein im Sinne der Verbesserung der Energiebilanz erwünschter Energieübergang nach innen. Dieser hängt teils vom Temperaturgefälle zwischen Platte und Wandkonstruktion ab, jedoch auch von Strahlungsvorgängen zwischen Platte und Wand.

[0067] Hierbei unterscheiden sich reflektierend beschichtete Platten von unbeschichtetem Material. Die reflektierende Schicht ist ein schlechter Strahler, sodass Wärmeenergie durch Strahlung nur schlecht abgebaut wird. Die Folge ist eine höhere Erwärmung des beschichteten Materials als dies beim unbeschichteten Material der Fall ist. Infolgedessen kommt es bei der beschichteten Platte zu einem erheblich größeren Temperaturgefälle zwischen Platte und dahinter liegender Außenwand. Unter der Annahme, dass die hinter der Außenwand liegenden Räume auf eine Raumlufttemperatur von +20 °C gebracht sind und durch Wärmeleitung die Wandoberfläche eine Dauertemperatur von +10 °C hat, kann es durchaus zu einem Temperaturgefälle zwischen Platte und Wandoberfläche von 30 °C und darüber hinaus kommen, obwohl winterliche Verhältnisse bestehen. Bei der vorliegenden Konstruktion tritt daher - anders als bei der bekannten Lösung mit nicht reflektierend beschichteten Fassadenplatten - ein Temperaturgefälle von außen nach innen mit einem entsprechenden Energiefluss auf.

[0068] Bei der beschichteten Konstruktion werden - in Abhängigkeit vom Strahlungskoeffizienten der Reflektionsschicht - etwa 20% der Wärmeenergie durch Strahlung nach innen übergeben. Ein weiterer Energieübergang findet über Konvektion statt, die sich immer dann einstellt, wenn der Temperaturunterschied zwischen Platte und Innenwand erheblich wird. Sodann kommt die stehende Luftschicht in Bewegung, wobei hier von kleinformatigen Verwirbelungen auszugehen ist, die den konvektiven Energieübergang bewirken. Befördert wird der Energieübergang von außen nach innen durch die erhöhte Stofffeuchtigkeit in den vorderen Randzonen des Mauerwerks, die sich durch Kondensation bei Einstrahlungsphasen einstellt. Insgesamt kommt es in der Konstruktion zu einem Selbststeuerungseffekt, der seine Ursache darin hat, dass die Summe aus konvektiv und strahlend übertragener Wärmeenergie grundsätzlich gleich bleibt. Theoretisch ist dieser Effekt aus dem Strahlungsgesetz von Stefan - Boltzmann, empirisch aus den Erkenntnissen über konvektiven Energieübergang begründbar, der davon gekennzeichnet ist, dass dieser potentiell zur Strömungsgeschwindigkeit zu - bzw. abnimmt.

[0069] Die abgeleitete Form des Strahlungsgesetzes von Stefan-Boltzmann lautet:

$$E = C \times (T/100)^4 \text{ in Watt.}$$

[0070] Hierbei steht E für Energie, T für die absolute Temperatur in Kelvin, C für den Strahlungskoeffizienten als Teilbetrag der Stefan - Boltzmann-Konstanten 5,67.

[0071] Gegenüber stehenden Luftschichten ist bei bewegten Luftschichten die Wärmeübergangszahl "Alpha" in $W/m^2 \times K$ nach allgemein praktizierten Faustformeln um den Wert $12 \times w^{1/2}$ zu vergrößern. Hierbei ist w die Strömungsgeschwindigkeit in m/s. Bei den baupraktisch üblichen Strömungsgeschwindigkeiten kann daher der Wärmeübergang bis zu 50 - fach größer werden, als er bei stehender Luft angenommen wird.

[0072] Beim Ende der Einstrahlung kommt die verwirbelte Luftschicht wieder zur Ruhe und ist sodann wieder eine wirksame Dämmschicht. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Wandaufbaus besteht somit darin, dass er den Energieübertritt von außen nach innen begünstigt, den Energieübergang von innen nach außen jedoch behindert. Darin unterscheidet sich der vorliegende Wandaufbau grundlegend von der konventionellen Dämmtechnik, deren Vorteil darin besteht, den Transmissionswärmeverlust von innen nach außen zu vermindern, deren entscheidender Nachteil jedoch in der Behinderung des exogenen Energieeintrags liegt. Hierbei ist zu würdigen, dass bei der zeitlichen Verteilung von Kernheiz - und Heizungsübergangszeiten die Behinderung des exogenen Energieeintrags durch außen angebrachte Dämmschichten die ganzjährige Energiebilanz verschlechtert wird, obwohl die Wärmeleitzahlen erheblich verbessert werden

[0073] Bei der vorliegend geschilderten Bauweise sind die Außenwandflächen nahezu vollflächig mit elektrisch leitendem Material ausgerüstet. Dies führt auch zu einer gewissen Abschirmung gegen elektromagnetische Wellen. Es zeigte sich, dass der Empfang für die weit verbreiteten Funktelefone offensichtlich erheblich verschlechtert ist. Angesichts der Sorge, dass ein Übermaß an elektromagnetischen Wellen zu gesundheitlichen Schäden führen kann, ist es denkbar, dass der erfindungsgemäße Wandaufbau auch in dieser Hinsicht vorteilhaft ist.

Patentansprüche

1. Wandaufbau für eine gemauerte Gebäudeaußenwand, mit einem Hintermauerwerk und einer Vormauerschale, wobei die Vormauerschale (2) mindestens teilweise aus Bauelementen (11) wie Ziegelsteinen, Bausteinen oder dergleichen aufgebaut ist, die nur an ihrer dem Hintermauerwerk (5) zugekehrten Seite mit einer Wärmestrahlung reflektierenden Schicht (8) versehen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Vormauerschale und dem Hintermauerwerk keine Dämmstoffschichten vorgesehen sind jedoch eine im wesentlichen stehende Luftschicht ausgebildet ist.

2. Wandaufbau nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauelemente (11) an ihrer dem Hintermauerwerk(1) zugekehrten Seite mit Wärmestrahlung reflektierendem Material bedampft sind.

3. Wandaufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauelemente (11) der Vormauerschale (2) an ihrer Innenseite mindestens bereichsweise mit Aluminium oder einer Aluminiumlegierung beschichtet sind.

4. Wandaufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vormauerschale (2) eine Dicke von mehr als 60 mm hat.

5. Wandaufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vormauerschale (2) aus nur innenseitig reflektierend beschichteten Fassadenplatten aufgebaut ist.

Claims

1. Wall construction for an exterior brick wall of a building, comprising a rear brickwork and a front brickwork, wherein the front brickwork (2) is made at least in part of constructional elements (11), such as bricks, building blocks and the like, which only at their side facing the rear brickwork (5) are provided with a layer (8) which is reflective for heat radiation, **characterized in that** no insulating layers are provided between the front brickwork and the rear brickwork, but a substantially stationary air layer is provided between the front brickwork and the rear brickwork.

2. Wall construction as defined in claim 1, **characterized in that** a material which is reflective for heat radiation is vapor-deposited on the side of said constructional elements (11) facing the rear brickwork (1).

3. Wall construction as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the constructional elements (11) of the front brickwork (2) at least in regions of their inner side are coated with aluminum or an aluminum alloy.

4. Wall construction as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the front brickwork (2) has a thickness of more than 60 mm.

5. Wall construction as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the front brickwork (2) is made of facade plates which only on their inner side are provided with a reflective coating.

Revendications

1. Construction de mur pour un mur extérieur maçonné d'un bâtiment avec une arrière-maçonnerie et une maçonnerie de parement où la maçonnerie de parement (2) consiste au moins en partie d'éléments de construction (11) comme briques, pierres de construction ou d'éléments similaires qui sont couverts d'une couche reflétant la radiation thermique (8) seulement à leur coté intérieur tourné vers l'arrière-maçonnerie (5), **caractérisée en ce que** entre la maçonnerie de parement et l'arrière-maçonnerie des couches de matériel isolant ne sont pas prévues, mais une couche d'air essentiellement immobile est formée.

2. Construction de mur selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les éléments de construction (11), à leur coté tourné vers l'arrière-maçonnerie (1), sont métallisés d'un matériel reflétant la radiation thermique.

3. Construction de mur selon une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments de construction (11) de la maçonnerie de parement (2), à leur coté intérieur, sont recouverts au moins en partie d'une couche d'aluminium ou d'almasilicium.

4. Construction de mur selon une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la maçonnerie de parement (2) a une épaisseur de plus de 60 mm.

5. Construction de mur selon une de revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la maçonnerie de parement (2) consiste de panneaux de façade couverts d'une couche reflétante, seulement à leur coté intérieur.

Fig. 1

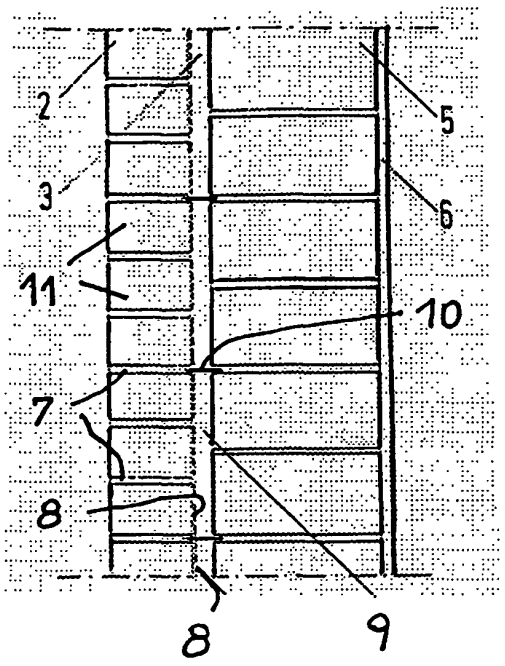


Fig. 2

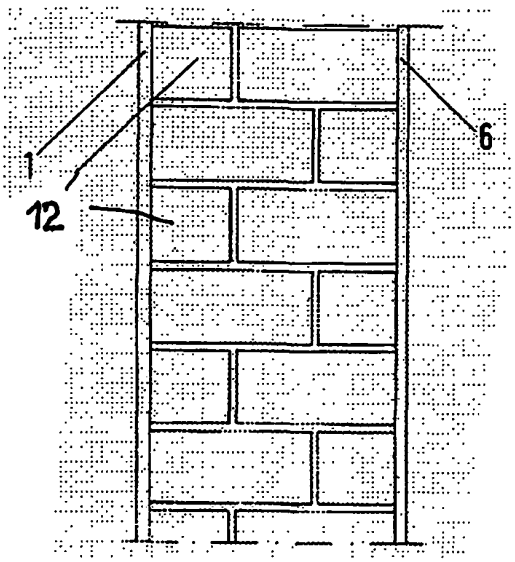


Fig. 3

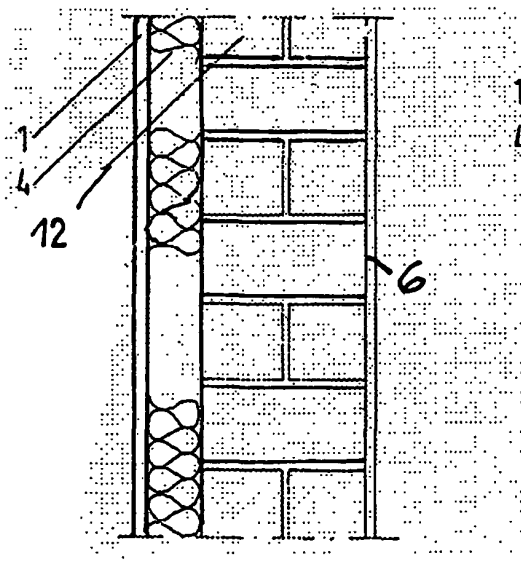


Fig.4

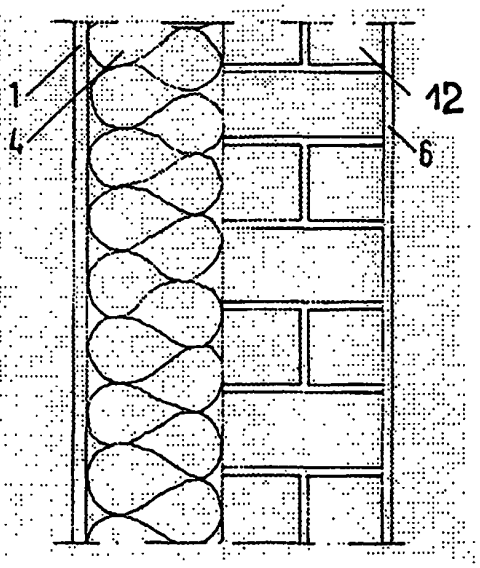


Fig.5

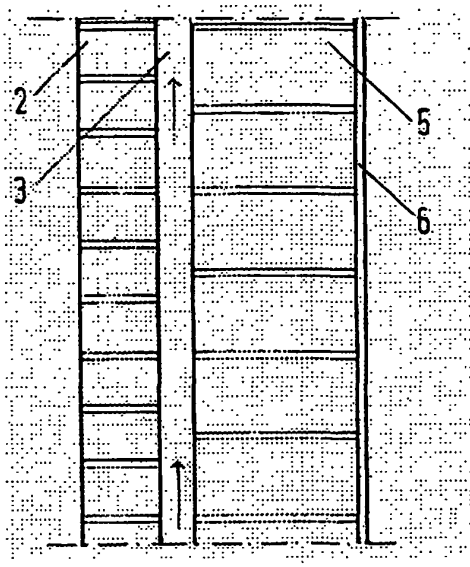


Fig.6

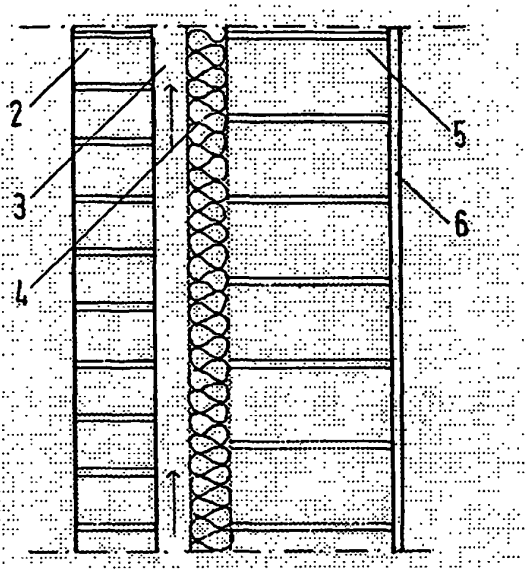
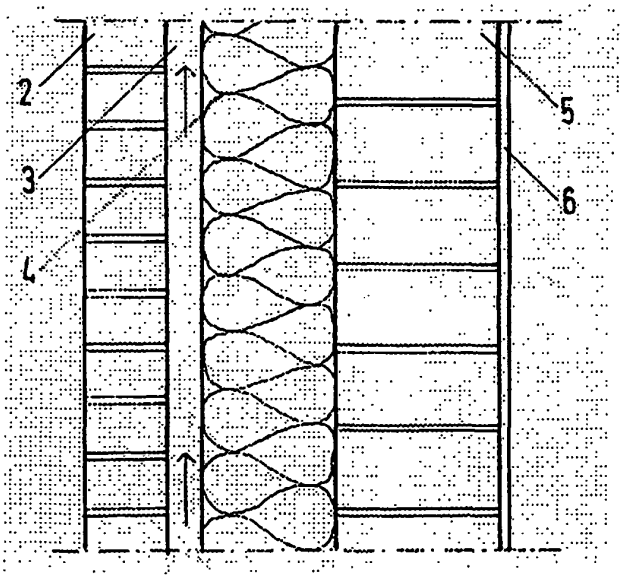


Fig.7



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3530973 A **[0002]**