



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 009 553 A1 2008.11.06**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 009 553.2**

(22) Anmeldetag: **16.02.2008**

(43) Offenlegungstag: **06.11.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F24D 3/16 (2006.01)**

F28D 20/02 (2006.01)

F24J 2/42 (2006.01)

E04B 1/76 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2007 020 668.4 03.05.2007

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(71) Anmelder:
**Luther, Gerhard, Dr.rer.nat., 66119 Saarbrücken,
 DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

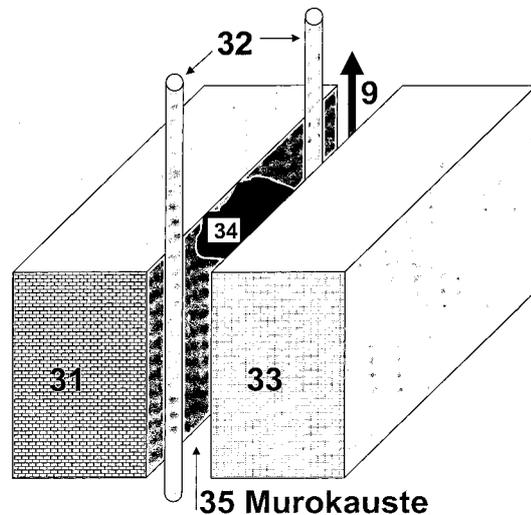
(54) Bezeichnung: **Integrierte außenliegende Wandheizung-ein Verfahren zur Nutzung der massiven Außenwand als ein in ein Gebäudeheiz- und Kühlsystem integrierter thermischer Speicher und als Murokausten- Wärmeübertrager**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt die "integrierte außenliegende Wandheizung", ein Verfahren bei dem eine außenliegende Wandheizung (aWH) 32 die massive Außenwand 31 als Außenwandspeicher 3 für Wärme (oder auch Kälte) in ein umfassenderes Heizsystem (oder Kühlsystem) eines Gebäudes einbindet und auch dafür eingesetzt werden kann, Umluft oder Frischluft 9 zu erwärmen (oder zu kühlen), die in einer Murokausten 35 zwischen Außenwand 31 und Wärmedämmung 33 geführt wird.

Die Außenwand 31 kann durch eine außenliegende Wandheizung (aWH) 32 thermisch nicht nur zur Beladung sondern auch zur Entladung erschlossen werden, indem die Entladung des Außenwandspeichers nicht nur passiv und zeitlich verzögert in das Innere des Gebäudes erfolgt sondern aktiv und kontrolliert durch die Ankopplung an externe Wärmeübertrager 4 und/oder an die in der Murokausten 35 fließende Frischluft 9 betrieben wird.

Die Murokauste 35 kann bei der Anbringung der Wärmedämmung 33 eingerichtet werden, indem durch geeignete Ausrichtung des Klebemörtels für die Wärmedämmplatten ein abgegrenzter aber zwischen einem Lufteinlass und einem Luftauslass durchgängiger Hohlraum geschaffen wird. Die Murokauste 35 kann auch als Wärmesenke für einen solaren Luftkollektor genutzt werden, wobei die Luft ihre Wärme sowohl an die Außenwand 31 als auch an die aWH 32 abgibt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann die aWH 32 mit einem hohen Deckungsanteil zur Gebäudeheizung mit Niedertemperatur-Wärme beitragen. Die Erfindung ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung beschreibt die „integrierte außenliegende Wandheizung“, ein Verfahren bei dem eine außenliegende Wandheizung (aWH) **32** die massive Außenwand **31** als Außenwandspeicher **3** für Wärme (oder auch Kälte) in ein umfassenderes Heizsystem (oder Kühlsystem) eines Gebäudes einbindet und auch dafür eingesetzt werden kann, Umluft oder Frischluft **9** zu erwärmen (oder zu kühlen), die in einer Murokausten **35** zwischen Außenwand **31** und Wärmedämmung **33** geführt wird.

[0002] Um der sprachlichen Einfachheit willen wird im folgenden vornehmlich der Heizbetrieb angeführt und eine Übertragung auf den Kühlbetrieb nur dann *expressis verbis* angesprochen, wenn sich hierfür wichtige Besonderheiten ergeben.

1.1 Stand der Technik

[0003] Zur Ausnutzung von Niedertemperaturwärmequellen sind Flächenheizsysteme Stand der Technik. Diese umfassen Fußboden-, Decken und Wandheizungen. In den letzten Jahren wurde auch eine Anbringung eines Niedertemperaturheizsystems innerhalb der Außenhülle eines Gebäudes beschrieben (/1/ bis /6/) und theoretisch untersucht (/6/). In gewisser Weise kann man auch aus einem Bezug auf „tragende Massivgebäudeteile“ (Anspruch 8 von /7/) einen Hinweis auf eine Außenwandheizung herauslesen. Auch das seit langem bekannte Verfahren der „dynamischen Isolierung“ bezieht die Temperierung der Außenwand durch die Nutzung von Wärme niedriger Temperatur, z. B. Abluft, in die Überlegungen zur Energieeinsparung ein (zusammenfassende Darstellung e. g. /8/).

[0004] Eine für die Sanierung von Altbauten wichtige Sonderform der Außenwandheizung stellt die außenliegende Wandheizung (aWH) **32** (/1/, /5/, /6/) dar, bei der im Rahmen einer „sowieso“ vorzunehmenden thermischen Sanierung auf der Außenseite einer massiven Außenwand **31** vor der Anbringung einer Wärmedämmung **33** (z. B. eines Wärmedämmverbundsystems (WDV)) eine Flächenheizung in Form von Kapillarrohrmatten oder sonstigen Heizrohren angebracht wird (Bild 1). Die Vorteile dieser aWH lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Möglichst weitgehende Ausnutzung des NT-Wärmeinhaltes der Heizquellen, und zwar sowohl bei den gegenwärtig vorherrschenden fossilen Brennstoffen als auch bei solarer oder geothermischer Zusatzheizung
- geringer Zusatzaufwand, einfach und preisgünstig
- gute Eignung zur Nachrüstung bestehender Gebäude, und zwar sowohl technisch als auch im Hinblick auf eine Bewohnerfreundliche Installation

[0005] Die aWH wird bisher nur als Wandheizsystem betrachtet. So nutzt Krecke /1/ beispielsweise in seinem „Terrasol Verfahren“ die aWH, die er als „Temperaturbarriere“ bezeichnet, zur Einkopplung der in einem gesonderten Bodenspeicher vorgehaltenen Wärme in das Gebäude. Hierbei wird das Heizmedium in einer Bodenplatte, die an den Bodenspeicher ankoppelt, erwärmt und gibt seine Wärme dann über die aWH („Temperaturbarriere“) an das Gebäude ab. Diese Verfahren ist als Saisonaler Wärmespeicher konzipiert /2/.

[0006] Bei gut wärmegeprägten Gebäuden wird der Wärmeanteil, der zur Temperierung der Frischluft erforderlich ist, immer größer. Beim Passivhaus /9/ kann sogar die gesamte noch erforderliche Heizleistung über eine Temperierung der Zuluft erfolgen. Hierzu ist jedoch ein gesondertes Heizsystem erforderlich.

1.2 Problemstellung und Lösungsansatz

Problemstellung

[0007] Die an der Außenseite der massiven Wand eingespeiste Wärme wird wegen der thermischen Trägheit zeitlich verzögert an der Innenseite der Außenwand an das Gebäude abgegeben. Dies stellt lediglich eine passive Form der Speicherung und Entladung dar. Die thermische Trägheit so wie die passive Form der Wärmeabgabe erschweren die bedarfsgerechte Übertragung der in die Außenwand eingekoppelten Wärme an den Innenraum. Außerdem ist die maximale Größe des Nutzwärmestromes durch den thermischen Widerstand der massiven Außenwand stark eingeschränkt.

[0008] Es wird daher ein Verfahren gesucht, den Wärmestrom aus dem Wärmespeicher „Außenwand“ aktiv zu regeln und deutlich zu vergrößern.

[0009] Die aWH erfordert eine erhebliche Investition und man wäre froh, wenn man zumindest bei einem auf Passivhaus-Standard saniertem Hause ohne weitere Heizeinrichtungen auskäme. Bei einem Passivhaus kann mit der aWH zwar der gesamte Wärmebedarf gedeckt werden, allerdings erfordert dies eine entsprechende Erhöhung der Temperatur des Heizmediums. Die aWH wird dann nicht nur zur Kompensation des Wärmeverlustes durch die Wand eingesetzt sondern muss im „übergreifenden Mode“ die Oberflächentemperatur der Innenseite der Außenwand so weit anheben, dass u. a. auch die zur Erwärmung der Frischluft erforderliche Wärmemenge bereitgestellt wird. Andererseits wird bei einer verfügbaren aWH die Frischluft als Heizträger zum Ausgleich sonstiger Wärmeverluste entlastet. Es wird daher ein Verfahren gesucht, die aWH direkt zur Erwärmung von Frischluft einzusetzen.

[0010] Der Deckungsgrad einer solaren Heizung kann wesentlich erhöht werden, wenn ein solarer Luftkollektor seine Wärme auf möglichst niedrigem Temperaturniveau direkt abgeben kann. Bisher kann dies nur bei der solaren Erwärmung von Frischluft erreicht werden. Es ist jedoch anzustreben, mehr Luft als zur Frischluftversorgung notwendig ist solar zu erwärmen und auf niedrigem Temperaturniveau zu nutzen.

Lösungsansatz

[0011] Hauptziel der aktuellen Erfindung ist es, die Außenwand als Kurz- und auch als Mittelzeitspeicher für den Stunden- und Einige-Tage-Bereich in ein umfassenderes Gebäudeheizsystem zu integrieren. Durch die Ausbildung eines Hohlraumes zwischen massiver Außenwand und Wärmedämmung als Murokauste können die aWH und die äußere Oberfläche der massiven Außenwand auch als Luft Wärmeübertrager im Rahmen des Gebäudeheizsystems genutzt werden. Eine Außenwandheizung wirkt für sich genommen bereits durch seine Trägheit als passiver Wärmespeicher. Die Außenwand lässt sich jedoch nicht nur als passiver Wärmewiderstand mit Speicherfähigkeit auffassen: eine installierte aWH kann nämlich auch dazu eingesetzt werden, eine erwärmte Außenwand aktiv thermisch zu entladen und die Wärme durch das Heizwasser einer rascher und besser steuerbaren Heizvorrichtung zuzuführen. Dort muss jedoch die Temperaturabsenkung groß genug sein, damit dieser aktive Entlademodus effektiv betrieben werden kann. Als Heizvorrichtungen zur Abführung der in der Außenwand vorgehaltenen Heizwärme sind geeignet:

- ein vom Heizmedium der aWH versorgter Wasser-Luft-Wärmeübertrager zur Erwärmung von Umluft und – besonders günstig – Frischluft
- innen liegende Flächenheizsysteme (Fußbodenheizung, Wandheizung, Deckenheizung) zur Niedertemperaturanwendung
- eine direkte Erwärmung der Frischluft an der durch die aWH beheizten Oberfläche der massiven Außenwand; hierzu muss die Frischluft durch eine Murokauste zwischen der massiven Außenwand und dem Wärmedämmverbundsystems (WDV) geführt werden.

[0012] Diese Heizvorrichtungen können auch kombiniert werden, wobei bei Gegenstrom die Frischluftherwärmung am kalten Ende eine möglichst niedrige Rücklaufemperatur bewirkt.

1.3 Die integrierte außenliegende Wandheizung

[0013] Mit ihren an die Außenwand thermisch ankoppelnden Rohren kann die aWH **32** Wärme einspeisen und auch wieder entnehmen. Durch die Einbindung in ein geeignetes umfassenderes Heizsystem kann die Einheit, die aus Außenwand **31**, aWH

32 und Außendämmung **33** besteht, dann als voll funktionsfähiger „Außenwandspeicher“ **3** in analoger Weise wie ein kompakter Wärmespeicher behandelt werden; es ergibt sich allerdings eine bisher ungewohnt große Speicherkapazität auf einem bisher ungewohnt niedrigen Temperaturniveau.

[0014] Im Bild 2 ist eine Schaltung zur Integration des Außenwandspeichers **3** in ein aktives Heizsystem gezeigt. Im Lademodus drückt die Pumpe **2** das Heizwasser der Niedertemperaturquelle **1** bei geschlossenem Schalter S1 (S4 und S5 bleiben offen) in die außenliegende Wandheizung (aWH) **32**, wodurch der Außenwandspeicher **3**, also konkret die Außenwand **31**, beladen wird. Zusätzlich zum passivem Entlademodus über die Innenseite der Außenwand **31** kann nun erfindungsgemäß im aktivem Entlademodus durch die Schalter S4 und S5 der Außenwandspeicher **3** auf den Wasser-Luft Wüt **4** zur Erwärmung von Umluft oder Frischluft **9** und/oder auf die Flächenheizung **5** geschaltet werden (S1 bleibt hierbei offen).

[0015] Die Grundschialtung nach Bild 2 kann noch auf verschiedene Arten variiert werden. Beispielsweise sind in Bild 3 Flächenheizung **5** und Wasser-Luft Wüt **4** in Serie geschaltet. Da bei zunehmender Entladung des Außenwandspeichers **3** sich der Betrieb einer innen liegenden Flächenheizung **5** nicht mehr lohnt, kann diese mit dem Schalter S4 überbrückt werden. Wichtig ist, dass der Wasser-Luft Wüt **4** immer am kalten Ende liegt, so dass – insbesondere bei der Erwärmung von Frischluft **9** – die Rücklaufemperatur für die Entladung des Außenwandspeichers **3** möglichst niedrig liegt.

[0016] Steht Frischluft **9** zur Wärmefaufnahme zur Verfügung, so kann man in einem „Kombinationsmodus“ durch serielle Ankopplung des Wasser-Luft Wüt **4** auch bei der Aufladung des Wandspeichers eine tiefere Rücklaufemperatur für die NT-Quelle **1** erreichen. Hierfür werden gemäß Bild 4 die NT-Quelle **1**, der Außenwandspeicher **3** und der Wüt **4** (wahlweise) in Serie geschaltet. Die niedrigere Rücklaufemperatur führt bei vielen NT-Quellen (z. B. bei einem Solarkollektor) zu einem verbesserten Wirkungsgrad. Dies ergibt übrigens, sofern die NT-Quelle **1** genügend Leistung bringt, keine Beeinträchtigung des Ladevorganges des Wandspeichers **3**, da der Speichervorgang nur durch den Vorlauf der NT-Quelle über die Temperaturdifferenz zwischen Heizmedium und der angrenzenden Außenwandschicht kontrolliert wird. Zum wahlfreien Betrieb sind entsprechende Schalter vorgesehen. Im Kombinationsmodus wird S4 geschlossen und S3 und S1 bleiben offen. Mit S1 und S4 lässt sich die Anlage auch im reinen Lademodus fahren (S1 zu, S4 auf). Mit S3 lässt sich im Entlademodus die NT-Quelle **1** überbrücken (S3 zu)

1.4 Weitere Ausgestaltung und Eigenschaften

1.41 Außenwandspeicher und NT-Quellen.

[0017] Wenn ein Heizsystem durch hochwertige Energiequellen wie Heizöl- oder Erdgas angetrieben wird und die installierte Leistung der Feuerungsanlage ausreichend bemessen oder gar überdimensioniert ist, braucht man sich um Speichermöglichkeiten zunächst nicht zu kümmern. Eine Möglichkeit zur Wärmeabgabe bei niedriger Temperatur ermöglicht jedoch einen Heizbetrieb mit niedriger Abgastemperatur, was insbesondere dann zum Tragen kommt, wenn die Kondensationswärme des Abgases in einem gesonderten NT-Heizkreis oder auch NT-Speicherkreis abgegeben werden kann.

[0018] Von großer Bedeutung sind NT-Wärmespeicher bei der Nutzung fluktuierender Heizquellen wie Solarwärme oder bei der Kostenoptimierung beim Bezug von leitungsgebundenen Energieträgern – wie beispielsweise Elektrizität für Wärmepumpenanwendung. Die dezentralen NT-Wärmespeicher dienen zum Ausgleich der Tageskurve der Stromnachfrage und sollen es dem Anlagenbetreiber ermöglichen, bei zeitlich variablen Tarifen günstige Strompreise zu erhalten.

[0019] Außerdem sollte es möglich sein, den schwankenden Wärmebedarf eines Gebäudes durch Integration eines großvolumigen Wärmespeichers zeitlich auszugleichen.

1.42 Die Außenwand- als Wärmespeicher betrachtet

[0020] Die Außenwand als Wärmespeicher, also der Außenwandspeicher **3**, hat folgende charakteristische Eigenschaften:

(1) Große Wärmekapazität.

[0021] Bei einer Steinwand mit einer Dicke von $d = 300$ [mm] ergibt sich pro m^2 eine spezifische Wärmekapazität WS in der Größenordnung von knapp $0,2$ [kWh/K/m²], wie man leicht abschätzen kann:

$$WS = d \cdot \rho \cdot c_p = 0,3 \text{ [m]} \cdot 2000 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 1 \text{ [kJ/kg/K]} = 600 \text{ [kJ/K/m}^2\text{]} = 0,17 \text{ [kWh/K/m}^2\text{]} \quad (1)$$

(2) Niedrige Speichertemperatur

[0022] Der Außenwandspeicher kann wohl nur NT-Wärme speichern. Allzu zimperlich muss man jedoch auch nicht sein, da auslegungsgemäß ja für die ungedämmte Außenwand durch die Sonneneinstrahlung und den Temperaturgang der Außenluft nicht unbedeutende Schwankungen der Wandtemperatur hingenommen werden mussten.

[0023] Ohne Wandheizung und im thermischen

Fließgleichgewicht zwischen Innen- und Außentemperatur stellt sich längs der Ortskoordinate z , die in der Wand von innen nach außen verlaufen möge, ein charakteristischer Temperaturverlauf ein, der durch die Wärmewiderstände der einzelnen Wandschichten und der Wärmedämmung gegeben ist. Diese Temperatur bezeichnen wir als „Ruhetemperatur“ $T_0(z)$ /6/. Bei Beladung des Außenwandspeichers durch die aWH entsteht in dem Wandmaterial „Speicherwärme“ und zwar ist dies genau diejenige Wärmemenge, die sich aus der örtliche Temperaturerhöhung gegenüber der Ruhetemperatur $T_0(z)$ ergibt. Die Ruhetemperatur $T_0(z)$ kann daher auch als die (ortsabhängige) Temperatur des Speichers bei vollständiger Entladung angesehen werden.

(3) Geringe Verlustströme.

[0024] Als wirklicher Verluststrom ist meist nur der zusätzliche Wärmestrom über die Außenwanddämmung zu rechnen, der bei „sowieso“ anzustrebenden großen Dämmstoffstärken nicht sehr hoch ist. Der Wärmestrom nach innen, der über die Innenseite der Außenwand in den Raum gelangt, ist hingegen in der Regel als Nutzwärme aufzufassen, da auch in der Einspeise- oder Haltezeit der Wärmebedarf des Hauses nicht auf Null absinken wird. Eine etwaige Erhöhung der Innentemperatur führt darüber hinaus zur Aktivierung der Innenwände als zusätzliche Wärmespeicher.

(4) Nur „Sowieso schon dagewesen“-Kosten

[0025] Der eigentliche Speicher kostet eigentlich gar nichts. Die seinerzeitigen Kosten für die Außenwand kann man eigentlich noch nicht einmal als „Sowieso“-Kosten auffassen. Man könnte sie höchstens als „Sowieso schon dagewesen“-Kosten bezeichnen, da sie bereits beim Bau des Hauses getätigt wurden.

(5) Be- und Entladung.

[0026] Der Außenwandspeicher entlädt sich natürlich bereits passiv in das Gebäudeinnere. Diese passive Entladung ist jedoch sehr träge und kaum steuerbar. Daher ist zusätzlich eine aktive Entladung anzustreben, die über die Kapillarrohre, Rohre oder Kanäle der aWH an den Speicher ankoppelt.

[0027] Die Ankoppelung an den Außenwandspeicher über die Außenseite besitzt gegenüber einer ja ebenfalls denkbaren Ankoppelung über die Innenseite mehrere technische Vorteile:

- die beim Einkoppeln „heiße Seite“ des Speichers trägt nur mit starker Zeitverzögerung zur direkten Heizung des Raumes bei. Dies ist erwünscht, da während der Einspeisezeit der Wärmebedarf des Raumes naturgemäß eher gering ist, -sonst würde man ja nicht über überschüssige Wärme zum Abspeichern verfügen.

• Beim Auskoppeln der Wärme darf man auch mit einer Temperatur des Heizmediums arbeiten, die unterhalb der Raumtemperatur liegt. Also beispielsweise direkt mit Frischluft oder mit durch Frischluft abgekühlten Heizwasser. Würde man dies an der Innenseite der Außenwand durchführen, müsste man „ungemütliche“ Wandtemperaturen oder gar ausfallende Feuchte besorgen.

Zahlenbeispiel:

[0028] Die Bedeutung der Aussagen (1), große Wärmekapazität, und (3), geringe Verlustwärme, ergeben sich aus der folgenden Beispielrechnung. Wir betrachten einen Außenwandspeicher von 1 m² Wandfläche mit den folgenden Eigenschaften:

Sei angenommen:

Innentemperatur = 20 [°C]; Außentemperatur = 0 [°C]

Wandfläche: 1 [m²]

$X_{aWH} = 0,1$ = Anteil der Wand-Wärmeverluste am Gesamt-Wärmebedarf

Steinwand mit Wanddicke $d = 0,3$ [m]

mittlere Temperatur des beladenen Speichers: 10 [K] über der mittleren Ruhetemperatur

mittlere Temperatur in der Ebene z_w (siehe Bild 1) der aWH: 20 [K] über Ruhetemperatur $T_0(z_w)$

Außenisolierung mit einem Wärmeleitwert von der Heizebene bis zur Außenluft von $U_a = 0,3$ [W/m²/K].

Dann ergeben sich

mit dem Zahlenwert von Gl. (1) während der Haltezeit die folgenden Werte für den Außenwandspeicher:

Gespeicherte Wärmemenge: $Q_{QS} = WS \cdot 10$ [K] = $0,2 \cdot 10 = 2$ [kWh/m²]

Verlustwärmestrom: $Q_a = U_a \cdot 20$ [K] = 6 [W/m²]

[0029] Anders ausgedrückt: Um den Speicher unverändert in seinem Haltezustand mit einem Speicherinhalt von $Q_{QS} = 2$ [kWh/m²] zu halten, muss man einen Verlustwärmestrom Q_a von nur 6 [W/m²] aufbringen; also erst nach $2000/6 = 367$ [h] = ca. 15 Tagen wäre der ursprüngliche Speicherinhalt durch den Verlustwärmestrom ersetzt.

[0030] Mit dem angenommenen Faktor $X_{aWH} = 0,1$ und vollständiger Erschließung der Außenwand durch die aWH ergibt sich bei 20 [K] Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen ein auf die Außenwandfläche bezogener gesamter Wärmebedarf von Q_a/X_{aWH} , also etwa 60 [W/m²]. Der Außenwandspeicher versorgt daher das gesamte Gebäude wegen:

$t_{\text{Totalversorgung}} = 2000$ [Wh]/60 [W] = 37 [h] = ca. 1,5 Tage

etwa anderthalb Tage lang vollständig mit Wärme, – allerdings nur bei richtiger Dosierung der Entnahmeströme. Tatsächlich sind jedoch die Entladeströme aufgrund der Trägheit innerhalb des Außenwandspeichers beschränkt, so dass die Entladung mit nur teilweiser Deckung aber über entsprechend längere Zeit erfolgen wird.

[0031] Zu dieser oben erwähnten Pufferzeit durch die Entladung des Außenwandspeichers kommt die normale Trägheit des Gebäudes, die sich durch eine Temperaturabsenkung des Innern des Gebäudes und eine Auskühlung der Außenwand unterhalb der Ruhetemperatur ergibt, natürlich noch unverändert hinzu.

1.43 Integrierte aWH: Optimierung im Hinblick auf ihre Speicherfunktion

[0032] Die integrierte aWH kann in manchen Anwendungsfällen vor allem wegen ihrer Speicherfunktion von Interesse sein. Dann muss man sich fragen: Wie konstruiere ich die aWH und wie optimiere ich noch nachträglich die Außenwand, um diese Funktionalität zu stärken? Hierzu einige Ideen:

- die Rohre der aWH werden enger verlegt als zur reinen Funktion als Flächenheizung notwendig. Dadurch ergeben sich kürzere Beladungszeiten und der Speicher kann auch schneller wieder entladen werden.

- auf der Innenseite der Außenwand wird eine Innendämmung angebracht. Das verringert zwar den passiven Entladestrom, erhöht aber die Speicherkapazität wg. der niedrigeren Ruhetemperatur und wg. des Temperaturabfalles in der inneren Dämmschicht.

- auf der Innenseite der Außenwand wird eine Schicht mit einem Phasenwechselmaterial (= Phase Change Material, PCM) angebracht. Dies erhöht die thermische Zeitkonstante der Wand.

[0033] Man könnte einwenden, dass durch die letztgenannten zusätzlichen Optionen an der Innenseite der Außenwand ein wichtiger Vorteil der aWH, nämlich die Bewohner-Freundlichkeit bei nachträglicher Installation (siehe Abschnitt 1.1), wieder verloren geht. Dies ist zum Teil richtig, aber andererseits werden hierbei in der Wohnung nur Arbeiten gemacht, die nicht mehr als die üblichen "Maler- und Renovierungsarbeiten" belasten: es müssen keine Steinarbeiten wie bei der Verlegung von Heizungsrohren und Wanddurchbrüchen etc. gemacht werden. Und auch mit der Verlegung einer Fußbodenheizung ist es nicht zu vergleichen.

1.44 Integrierte aWH: Einbindung einer Murokauste

[0034] Aus exergetischer Sicht ist es angezeigt, die Temperaturdifferenz zwischen den Medien eines Wärmetauschers möglichst klein zu halten. Dazu sind große Wärmetauscherflächen erforderlich; – die sind jedoch bei einer aWH, die ja als Flächenheizung konzipiert ist, bereits vorhanden. Also kann man daran denken, die im Abschnitt 1.3 betrachteten außerhalb der aWH liegenden Wärmeübertrager, seien sie kompakt oder als im Innern des Gebäudes liegende Flächenheizung konzipiert, direkt mit der aWH zu vereinen.

[0035] Hierzu muss dann die Wärme aufnehmende oder auch Wärme abgebende Luft direkt an die aWH herangeführt werden. Um dies zu ermöglichen wird bei der Installation der aWH und der Anbringung der Wärmedämmung im Bereich zwischen aWH und Dämmschicht ein Luftkanal (oder mehrere kleinere Luftkanäle) angebracht. Diese dem Luftdurchfluss dienenden Vorrichtung im Innern der Wand bezeichnen wir als Murokauste.

[0036] Nun ergeben sich drei Gesichtspunkte:

1. Bei der Anbringung von aWH und Wärmedämmverbundsystem kann durch leichte Modifizierung oder Ergänzung der „sowieso“ durchzuführenden Arbeitsschritte eine geeignete Murokauste und die dazu gehörigen Einlass und Auslassvorrichtungen geschaffen werden.
2. Gleichzeitig können hierbei stellenweise besondere Vorrichtungen und „Einbauten“ erstellt werden, die den Wärmeübergang von der strömenden Luft an die massive Außenwand und an die aWH verbessern und dabei den Druckabfall in der Murokauste klein halten.
3. Sind die Vorrichtungen einmal installiert, können sie in vielfältiger Weise betrieben werden (Heizung und Kühlung, Wärmerückgewinnung aus Abluft, Heizung mit solar erwärmter Luft u. a.).

1.441 Eine Murokauste zwischen massiver Außenwand und Dämmplatten

[0037] Eine Murokauste ist ein System von in der Wand verlaufenden breitflächigen Luftkanälen, die schon im Altertum von den Römern zur Beheizung ihrer Wohnstätten in den nördlicheren Teilen ihres Imperiums (also bei uns in Deutschland in den frühzeitig zivilisierten linksrheinischen Gebieten) benutzt wurden. Im Zusammenhang mit der Anbringung eines Wärmedämmverbundsystems und der Erschließung der Speicherfunktion der massiven Außenwand durch eine aWH lässt sich nun mit wenig Aufwand eine Murokauste an der äußeren Oberfläche der massiven Außenwand erzeugen:

Bei der Außendämmung werden die Wärmedämmplatten meistens durch Klebemörtel, der als „Batzen“ oder als Streifen („Wülste“) geformt ist, an der massiven und meist nicht ganz ebenen Außenwand angebracht und durch zusätzliche Dübel gesichert. Da diese Verbindungsmaterialien (schon aus Kostengründen und wegen der Unebenheit der Wand) nicht flächendeckend aufgetragen werden, ergibt sich ein Hohlraum zwischen der Außenseite der massiven Außenwand und der Wärmedämmung. Die Dicke dieses Hohlraumes kann man in einem gewissen Bereich, je nach Untergrund zwischen vielleicht einem halben cm und 2 bis 3 cm wählen. Bei einer auf Schienen verlegten Wärmedämmung besteht sogar eine noch größere Freiheit bei der Gestaltung von Hohlräumen oder Luftkanälen. Bild 5 zeigt eine derartige Murokauste: Im thermischen Einwirkungsbe-

reich der außenliegenden Wandheizung (aWH) **32** ergibt sich ein als Murokauste **35** bezeichneter Spalt oder Kanal, der von Frischluft **9** und/oder Umluft durchflossen werden kann. Die Dicke der Murokauste kann durch den Auftrag des Klebemörtels **34** und die Befestigungsdübel (in Bild 5 nicht dargestellt) in für die geplante Luftströmung geeigneter Weise eingestellt werden.

[0038] Bisher wird der Verklebungsmörtel jedoch bewusst so aufgetragen, dass keine durchgehenden Kanäle zwischen den Hohlräumen unter den einzelnen Dämmplatten entstehen (/10/). Man will damit Wärmeverluste durch eine großräumige Hinterlüftung der Außendämmung verhindern. Diese berechnete Vorsichtsmaßnahme muss jedoch nicht zwingend kleinräumig oder gar auf eine einzelne Dämmplatte angewendet werden. Sie kann ohne Funktionseinbuße durch eine großräumigere Gestaltung des Klebemörtelmusters ersetzt werden (Bild 6). Dann lassen sich für bestimmte Bereiche der Fassade oder auch für die gesamte Außenwandseite die Hohlräume unter den Dämmplatten bewusst und großflächig miteinander verbinden. Es entsteht ein zusammenhängendes System von Hohlräumen und Kleber-Stützen aus Klebemörtel-Batzen **340** und Klebemörtel-Wülsten, das man insgesamt als „Murokauste“ bezeichnen kann. Die Schaltung der Luftströmung erfolgt über Klappen oder Ventilatoren an den Lufteinlässen **36** und/oder an den Luftauslässen **37**. Durch Querriegel **341** und Längsriegel **342** aus Klebemörtel kann die Murokauste an allen Seiten abgeschlossen werden, wodurch eine unfreiwillige Hinterlüftung mit Außenluft unterdrückt wird.

[0039] Die Lufteinlässe **36** eines zusammenhängenden Durchströmungsbereiches sollten alle in gleicher Höhe angeordnet werden. Entweder kann man für einen Durchströmungsbereich nur einen einzigen Lufteinlass vorsehen, oder man kann durch zusätzliche Leitplanken **343** aus Klebemörtel einen direkten Kurzschluss der Luft zwischen benachbarten Lufteinlässen behindern. Weiterhin sollten Murokausten an verschiedenen Wänden nicht strömungsmäßig miteinander verbunden sein, damit sich keine Querströmung wegen unterschiedlichen Winddruckes entwickeln kann.

[0040] Je nach Anwendungsfall kann man eine einzelne Murokauste **35** lieber großräumiger, d. h. mit mehreren Luftauslässen **37** und einem oder mehreren Lufteinlässen **36**, auslegen (Bild 6) oder doch lieber kleinräumig genau einem Luftauslass **37** zuordnen.

[0041] Bei der übersichtlicheren kleinräumigen Auslegung einer Murokauste **35** (Bild 7) wird jedem Luftauslass **37** ein Wandbereich zugeordnet, der durch Wülste aus Klebemörtel als Querriegel **341** oder Längsriegel **342** gegen benachbarte Murokausten

abgetrennt. Die zunächst kalte Frischluft **9** fließt durch den Lufteinlass **36** in die Murokauste hinein. Solange die Frischluft noch nicht weitgehend erwärmt ist, kühlt sie nicht nur die durch die aWH beheizte Wand der massiven Außenwand **31** (siehe z. B. Bild 5) ab sondern ebenso die innere Wand der Wärmedämmung **33**; dadurch verringern sich aber die Wärmeverluste nach außen. Solange die innen-seitige Temperatur der Wärmedämmung **33** unterhalb der dortigen Ruhetemperatur $T_o(z)$ bleibt, verliert die Außenwand sogar weniger Wärme als im Ruhefall bei ausgeschalteter aWH. Die Aufwärmung der Außenluft lässt sich dann also bilanzmäßig nicht nur der aWH sondern auch einem Teil des Ruhewärmestromes zuordnen.

[0042] Um diesen Effekt besser auszunutzen belässt man einen großen Flächenanteil der Murokauste ohne besondere Einbauten und konzentriert – falls erforderlich – Einbauten zur Verbesserung des Wärmeüberganges in die Nachbarschaft des Luftauslass **37**. In Bild 7 ist daher der Luftauslass **37** beispielsweise von einem luftseitig geschlossenen Ring aus speziellen „Eingebetteten Wärmeübertragungskörpern“ **6**, die im folgenden Abschnitt näher besprochen werden, umgeben. Man kann in dieser Zone jedoch auch andere bauliche Einrichtungen zur Erhöhung des Wärmeüberganges zwischen Luft und Wand verwenden, wie sie in der Technik der Wärmeübertrager in großer Vielfalt eingesetzt werden (e. g. /11/ VDI-Wärmeatlas).

[0043] Eine etwas einfachere Lösung ist in Bild 8 dargestellt: Die „Eingebetteten Wärmeübertragungskörper“ **6** sind hier innerhalb der Murokauste **35** als ein „Querriegel“ zwischen Lufteinlass **36** und Luftauslass **37** angeordnet. Diese Anordnung, die sich auch einheitlich über benachbarte Murokausten hinweg erstrecken kann, lässt sich insbesondere mit den im nächsten Abschnitt zu besprechenden Verbundkörper **336** aus Dämmplatte und „Eingebettetem Wärmeübertragungskörper“ **6** gut realisieren.

[0044] Es sollte verhindert werden, das z. B. aufgrund zeitlich variierenden Winddruckes bereits vorgewärmte Luft am Lufteinlass **36** unkontrolliert aus der Murokauste **35** ins Freie austritt. Dies kann durch einen Diffusor **6a**, einen luftseitig geschlossenen Ring aus möglichst homogenen Strömungshindernissen, wie sie z. B. durch den oben erwähnten „Eingebetteten Wärmeübertragungskörpern“ **6** dargestellt werden, erreicht werden (Bild 8). Allerdings kosten diese Hindernisse Druckaufwand und müssen daher sorgfältig dimensioniert werden. Außerdem sollten sie, je nach Lage des Lufteinlasses, zusätzlich einen sicherlich von manchem Bauherrn gewünschten Schutz vor eindringenden Mäusen und anderen Kleintieren bieten.

1.442 Eingebetteter Wärmeübertrager zur Erhöhung des Wärmeüberganges

[0045] Wegen der breitflächigen Anströmung der Luft und bei einer Höhe der Murokauste von etwa ein bis zwei Zentimeter ergeben sich eine geringe Luftgeschwindigkeit und in der Regel laminare Strömungsverhältnisse. Da die Frischluftmenge vorgegeben ist, lässt sich dies betriebsmäßig auch nicht beeinflussen. Also muss gegebenenfalls die Murokauste so gestaltet werden, dass sich höhere Wärmeübergangswerte zwischen Luft und Wand ergeben. Da die Wärmeleitung in der massiven Außenwand einen Temperatursausgleich bewirkt und außerdem auch die aWH für einen Wärmeabtransport sorgt, reicht es aus, wenn die Einbauten zur Verbesserung des Wärmeüberganges sich nur über streifenförmige Teilbereiche der Murokauste erstrecken. Da die Luft jedoch keine Möglichkeit zur Umgehung dieser Streifen erhöhten Wärmeüberganges finden darf, müssen diese Streifen entweder als Quer-Riegel den gesamten Querschnitt eines Murokausten Kanales ausfüllen oder zumindest den Zufluss zu einem Luftauslass **37** geschlossen abdecken, wie bereits in Abschnitt 1.441 erwähnt.

[0046] Für diesen Zweck eignet sich u. a. ein „Eingebetteter Wärmeübertragungskörper“ **6**, eine Spezialform des Eingebetteten Wärmeübertragers /12/. Beim eingebetteten Wärmeübertrager in seiner ursprünglichen Form als Luft-Luft Wärmeübertrager (Bild 9) werden die beiden Fluide w und k im Gegenstrom in einer Vielzahl von parallel angeordneten Röhrchen **61** geführt. Die Röhrchen sind in einem Einbettungsmaterial **63** – beispielsweise einem Zement oder Mörtel mit guter Wärmeleitfähigkeit – mechanisch geschützt und thermisch verbindend eingebettet. Dieses Konzept erlaubt den Einsatz von „Kapillarrohren“, von dünnen Röhrchen **61** mit sehr dünnen Wänden, z. B. von Kunststoffröhrchen wie sie auch als Trinkhalme verwendet werden. Wegen des kleinen Durchmessers ergibt sich auch bei laminarer Strömung noch ein akzeptabler Wärmeübergangskoeffizient α vom Fluid auf die Rohrwand. Aufgrund des einfachen Aufbaues und des sehr niedrigen auf die Wandfläche der Röhrchen bezogenen Preises können kompakte Wärmetauscher großzügig bemessen werden und dadurch mit geringem Aufwand einen hohen NTU-Wert ($NTU = \text{Number of Transfer Units}$) bei geringem Druckabfall erreichen (/12/, /13/).

[0047] Für unsere Anwendung werden nun alle Röhrchen **61** von dem gleichen Fluid w durchströmt und die beabsichtigte Wärmeübertragung verläuft zwischen den Röhrchen über das Einbettungsmaterial **63** auf die Oberfläche dieses „Eingebetteten Wärmeübertragungskörpers“ **6** (Bild 10), die wiederum in engem thermischen Kontakt mit der massiven Außenwand steht. Dieser gute Kontakt zwischen Wärmeübertragungskörper und Außenwand kann z. B. da-

durch sichergestellt werden, dass die Röhrrchen in Matten miteinander verbunden sind und dann mit dem Einbettungsmaterial **63**, dass ein spezieller Thermozept aber beispielsweise auch der Klebemörtel selbst sein kann, eingeputzt werden. Die Anzahl, der Durchmesser und die Länge der Röhrrchen **61** sowie ihr gegenseitiger Abstand können nach den thermischen und hydraulischen Anforderungen optimiert werden; auf die entsprechende Zusammenstellung im Abschnitt „1.4 Einfache Zusammenhänge bei der laminaren Rohrströmung“ in /12/ und die dort zitierte einschlägige Fachliteratur sei hingewiesen; weitere Ausführungen zu einer speziellen Form eines Wärmeübertragungskörpers, einer „Wärmeübertragungsplatte als Bauteil für einen solarthermischen Luftkollektor“ finden sich in einer zur Zeit noch unveröffentlichten Untersuchung /14/.

[0048] Man kann auch die Rohre der aWH **32**, in der als Wärmeträger Wasser transportiert wird, und die Luftkanäle (Röhrrchen **61**) als thermische Einheit zusammenfassen. Dies ergibt dann einen eingebetteten Wärmeübertrager in Anlehnung an (/12/), wobei die eine Rohrklasse durch die aWH **32** gebildet wird und die andere Rohrklasse durch die Luftröhrrchen **61**, und beide Rohrklassen über die gemeinsame Putzschicht als Einbettungsmaterial **63** miteinander und mit der massiven Außenwand **31** thermisch koppeln. Wir fassen die ganze Zwischenschicht zwischen Außenwand **31** und Wärmedämmung **33** als Teil der Murokauste **35** auf, obwohl streng genommen der Lufttransport natürlich nur auf das Innere der Röhrrchen **61** beschränkt ist.

[0049] Einige Ausgestaltungen des Eingebetteten Wärmeübertragungskörpers **6** sind in Bild 11 bis Bild 17 dargestellt:

Im einfachsten Fall, Bild 11, werden die Rohre der aWH **32** und die eigentlichen Murokausten-Röhrrchen **61** zusammen eingeputzt und die Wärmedämmung **33** darauf breitflächig aufgeklebt. Da der Putz die Unebenheiten der Außenwand ausgleicht kann der Kleber dünn und vollflächig aufgetragen werden; ein vollflächiger Auftrag ist allerdings nicht unbedingt erforderlich, denn es reicht aus, wenn die Platten auf herkömmliche Art mit Wülsten an allen Seiten versehen sind, so dass für die Luftströmung, die sich ja durch den Eingebetteten Wärmeübertragungskörper **6** zwängen soll, kein spürbarer Bypass entsteht. Diese Methode eignet sich insbesondere bei relativ dicken Rohren (z. B. 15 oder 20 mm Durchmesser) der aWH **32**, die durch einen größeren Abstand (z. B. 100 oder 150 mm) voneinander getrennt sind.

[0050] Aber auch bei den handelsüblichen Kapillarrohrmatten, bei denen der Durchmesser der Rohre der aWH **32** nur etwa 5 mm und der Abstand voneinander nur 10 bis 30 mm betragen, lässt sich dieses Verfahren anwenden. Die Dicke der Putzschicht mit dem Einbettungsmaterial **63** fällt dann aber nicht un-

bedingt geringer aus, da die Anzahl der Luftröhrrchen **61** durch den gewünschten Gesamtquerschnitt für den Luftstrom bestimmt ist. Bild 14 vermittelt einen Eindruck von den Möglichkeiten.

[0051] Bei großen Rohren der aWH **32** kann man den Wärmeübergang deutlich verbessern, wenn man die Rohre durch ein Wärmeleitblech **64**, was im konkreten Fall auch ein Putzträger oder eine starke (!) Alu-Folie sein kann, miteinander verbindet. Das Wärmeleitblech **64** kann zur Verbesserung des Klebekontaktes zur Wärmedämmung **33** durchlöchert sein. Das Wärmeleitblech **64** erwärmt die Röhrrchen **61** jetzt auch noch von „hinten“, so dass im Bild 12 sogar drei Reihen mit Luft-Röhrrchen **61** angeordnet sind.

[0052] Führt man das Wärmeleitblech **64** wie in Bild 13 dargestellt „Kamm-artig“ aus, so ergeben sich die Zwischenräume zwischen den „Zinken“ des Kammes als Luftkanäle **62** der Murokauste.

[0053] Und schließlich kann man noch einen Schritt weitergehen und von vorneherein die Rohre der aWH **32** und die Luftkanäle **62** zu einer konstruktiven Einheit als Kassette, die an eine Stegplatte erinnert, zusammenfassen (Bild 15). Die Kassette wird nicht nur durch Klebemörtel sondern auch durch Dübel an der Außenwand **31** befestigt.

[0054] Insbesondere bei Kapillarrohrmatten als aWH **32** liegt es nahe, in einem ersten Arbeitsschritt die aWH **32** mit einem Einbettungsmaterial **62a** vollflächig an der massiven Außenwand **31** einzuputzen. Auf die fertige Putzoberfläche werden dann die Platten der Wärmedämmung **33** in geeigneter Weise aufgeklebt, so dass sich die gewünschte Murokauste **35** ergibt. In den Bereichen, in denen man den Wärmeübergang aus der Luftströmung verstärken will, kann der Eingebettete Wärmeübertragungskörper **6** vorher wandseitig angebracht werden. Vermutlich ist es jedoch geschickter (Bild 16), einen plattenförmigen Eingebetteten Wärmeübertragungskörper **6** direkt auf einer Wärmedämmplatte streifenförmig anzubringen oder herzustellen und dann als Verbundkörper **336** in einem Arbeitsgang mit Klebemörtel **34** möglichst dünn und „luftdicht“ auf die eingeputzte aWH **32** so zu kleben, dass die Luftströmung im Wesentlichen den Weg durch die Röhrrchen **61** des „Eingebetteten Wärmeübertragungskörper **6**“ nimmt.

[0055] Das oben erwähnte Wärmeleitblech **64** zur Verbesserung der Wärmeübertragung auf die Luftröhrrchen **61** lässt sich in den Verbundkörper **336** integrieren; Bild 17 zeigt ein einfaches Beispiel. Auch das in Bild 13 und Bild 14 dargestellte Kammförmige bzw. Kassettenförmige Wärmeleitblech **64**, – allerdings ohne die Rohre der aWH **32** –, lässt sich in geeigneter Form in den Verbundkörper **336** integrieren.

[0056] Der Verbundkörper **336** kann außerhalb der

Baustelle rationell und sorgfältig hergestellt werden. Beim Ankleben benachbarter Verbundkörper **336** muss gegebenenfalls durch Wülste aus Klebemörtel ein Bypass für die Luftströmung verhindert werden.

1.443 Betriebsweisen der Murokauste

[0057] Wir betrachten nun ein System bestehend aus speichernder Außenwand **31**, außenliegender Wandheizung (aWH) **32** und Murokauste **35** mit geeigneten Ein- und Auslässen, und gehen – um eine mühselige Fallunterscheidung im Einzelnen zu vermeiden –, davon aus, dass sich alle Luftverbindungen über Klappen schließen und öffnen lassen und die jeweils nötigen Ventilatoren vorhanden sind. Diese voll ausgerüstete integrierte aWH lässt sich dann in unterschiedlichen Betriebsweisen nutzen.

(1) Frischluftherwärmung

[0058] Die Frischluft **9** wird hierzu direkt der Murokauste **35** zugeführt. Dadurch wird die Außenseite der Außenwand **31** zunächst abgekühlt, was durch die in der gleichen Ebene verlegte aWH **32** sofort oder auch mit zeitlicher Verzögerung wieder ausgeglichen werden kann. Eine Absenkung der Temperatur an der äußeren Oberfläche der massiven Außenwand **32** wird an der Innenseite, also im Innenraum, bei entsprechendem Speicherzustand erst mit langer Zeitverzögerung wahrgenommen. Daher kann die Frischluft **9** großflächig auf niedriger Temperatur aufgewärmt werden und bei entsprechender Durchströmung kann auch das „Gegenstromprinzip“ angenähert werden.

(2) Wärmerückgewinnung aus Abluft

[0059] Andererseits kann ein durch Frischluft abgekühlter Murokausten-Kanal auch durch eine Umdrehung der Betriebsrichtung auf Abluftbetrieb umgesteuert werden. Dann trifft die zunächst warme Abluft auf in Fließrichtung immer kältere Bereiche der Oberfläche der massiven Außenwand **31**; ein zeitlich versetzt betriebener regenerativer Gegenstrom-Wärmetauscher ist entstanden.

(3) Senke für solare Luftkollektoren

[0060] Ein thermischer Solarkollektor kann natürlich Wasser erwärmen und diese Wärme kann über die aWH auf niedrigem Temperaturniveau an die Außenwand abgegeben werden. Bei einem solaren Luftkollektor kann aber auch der Ausgang des Kollektors direkt in die Murokauste geführt werden, wo er seine Wärme an die Wand und damit auch an den Wärmeträger der aWH abgibt. Dadurch wird die aWH breitflächig mit der erwärmten Luft des solaren Luftkollektors verkoppelt und kann dann ihrerseits die Wärme in Wandbereichen wieder abgeben, die an den solaren Luftkollektor nicht angeschlossen sind. Die Muro-

kauste wirkt dann also nicht nur als Senke für den Solarkollektor sondern auch als nachgeschalteter Luft-Wasser-Wärmeübertrager. Wird die Luft anschließend über einen Luftauslass **37** der Murokausten in einen Innenraum geführt, ergibt sich ein reiner Frischluftbetrieb des Solarkollektors.

[0061] Ein solarer Luftkollektor kann über eine Murokauste auch mit „Umluft“ betrieben werden, wenn sowohl sein Rücklauf aus der Murokausten gespeist wird als auch sein Vorlauf in die Murokauste einmündet. Natürlich muss man durch entsprechende Klebemörtel-Wülste als Leitplanken **343** dafür sorgen, dass die Luftströmung in der gewünschten Weise durch die Murokauste geführt wird. In dieser Betriebsweise ist der Luftdurchsatz durch den solaren Luftkollektor nicht mehr durch die benötigte Frischluftmenge beschränkt und kann wesentlich größer sein. Die Murokauste wirkt dann als ein externer Luft-Wasser- und Luft-Wand-Wärmetauscher für den Solarkollektor.

[0062] Auch ein kombinierter Betrieb ist möglich, bei dem der solare Luftkollektor einerseits direkt die benötigte Frischluft liefert und andererseits die überschüssige Frischluft durch die Murokauste im Umluftbetrieb geführt wird.

[0063] Zu guter letzt kann ein solarer Luftkollektor auch im Auspuffbetrieb geführt werden, indem die überschüssige Frischluft durch den Lufteinlass **36** der Murokauste – im Gegensatz zu seiner Bezeichnung – nach außen abgeführt wird. Dies erfordert den geringsten baulichen Aufwand, stellt aber sicherlich nicht den thermodynamischen Idealfall dar.

(4) Umluftbetrieb

[0064] Je nach Schaltung der Klappen lassen sich weitere Betriebsweisen wie ein Umluftbetrieb bezüglich der Raumlufteinrichtung einrichten. Dieser Umluftbetrieb kann beispielsweise dann von Interesse sein, wenn die aWH **32** ein konventionelles Heizsystem vollständig ersetzen soll und dafür auch etwas höhere Temperaturen in der aWH zugelassen werden können.

(5) Kühlung

[0065] Durch die Murokauste **35** kann im Sommer nachts oder an kühlen Tagen kalte Luft gezogen werden, die zu einer Abkühlung des Außenwandspeichers **3** führt. Dadurch erhöht sich an einem warmen Tag die Temperaturpufferung der Außenwand. Zusätzlich kann auch ein Umluftbetrieb bezüglich der Raumlufteinrichtung direkt zur Kühlung eingesetzt werden.

(6) Bemerkung zum Wirkungsgrad

[0066] Es sei noch darauf hingewiesen, dass die Wärmeverluste von der aWH an die Außenluft nur von dem Temperaturabfall über die Wärmedämmung

33 abhängen. Eine Vergrößerung des Nutzwärmestromes beispielsweise durch zusätzliche Frischluf-terwärmung ändert daran nichts. Der Wirkungsgrad, also die relativen Wärmeverluste des Außenwandspeichers, wird durch die Erhöhung der Nutzwärme und eine niedrigere Temperatur in der Murokauste **35** vergrößert.

1.5 Vorteile und Bedeutung der integrierten aWH

1.51 Ein Systemvergleich mit der Transparenten Wärmedämmung (TWD).

[0067] Auch bei der transparenten Wärmedämmung (TWD) wird die Außenseite der massiven Außenwand beheizt, – in diesem Falle allerdings nicht durch ein Heizmedium sondern durch die eingestrahlte Sonnenenergie. Daher kann man in gewisser Weise auch die TWD als eine „außenliegende Wandheizung“ betrachten, wobei sich im direkten Vergleich mit der durch ein Heizmedium gespeisten aWH zunächst einige systembedingte Nachteile der TWD ergeben:

1. da die außenseitige Wärmedämmung der TWD die Sonnenstrahlung durchlassen soll, ist sie teuer und kann auch keine hohen Dämmwerte erreichen
2. Die in der Absorptionsschicht auftretenden Temperaturen sind relativ hoch, der „Solarkollektor“ der TWD wird also mit relativ niedrigem Wirkungsgrad betrieben
3. Sieht man von der sommerlichen Abschirmung der Einstrahlung durch Verschattungselemente ab, so erfolgen sowohl die Einspeisung als auch die Entladung des „Wandspeichers“ lokal, passiv und ungesteuert.

[0068] Im direkten Vergleich hierzu ist die erfindungsgemäß in das Heizsystem integrierte aWH folgendermaßen gekennzeichnet.

1. die außenseitige Wärmedämmung kann beliebig großzügig ausgelegt werden und tritt nicht mehr als gesonderter Kostenfaktor in Erscheinung, da sie im Zuge der thermischen Sanierung des Gebäudes „sowieso“ durchgeführt wird. Die gesamte Außenwand, und nicht nur ihre von der Sonne beschienenen Teile, kann aktiviert werden.
2. Die thermischen Solarkollektoren können unabhängig vom späteren Nutzungsort an der hierfür günstigsten Außenfläche des Gebäudes angebracht werden. Die Solarwärme kann auf niedriger Temperatur bereitgestellt werden, da sie über eine große Außenwandfläche abgespeichert wird und als NT-Flächenheizung oder NT-Lüftungswärme eingesetzt wird. Wegen dieser NT-Anwendung können auch Tage mit geringer Strahlungsleistung oder sogar ausschließlich diffuser Solarstrahlung zur solaren Wärmeversorgung genutzt werden. Es rentiert sich vermutlich, die Solaranlage für diese sonnenarmen Tage auszuliegen. Hier-

für ist ein Solardach mit großer Absorptionsfläche und sehr einfachen preisgünstigen Kollektoren geeignet.

3. Sowohl bei der Beladung als auch bei der Entladung können aktuell geeignete Abschnitte der Außenwand ausgewählt werden. Die aktive Entladung des Außenwandspeichers kann in Intensität und Zeitbereich in einem gewissen Bereich gesteuert werden. Die flächenbezogene passiven (!) Entladungs-Wärmeströme sind wegen der geringeren Einspeisetemperatur niedriger als bei der TWD. Sie lassen sich durch die Konkurrenz der aktiven Entladung indirekt beeinflussen. Durch die aktive Entladung mit der aWH und durch die zusätzliche Erwärmung von Frischluft über die Murokausten lassen sich hohe Entladungswärmeströme erreichen.

[0069] Für die solare (Teil-)Beheizung eines Gebäudes stellt die integrierte aWH also ein hervorragendes Speicher- und Heizsystem dar.

1.52 Hoher Deckungsanteil der aWH durch Murokauste

[0070] Die Murokauste **35**, die sich bei der Anbringung der Außendämmung gestalten und durch die aWH (u. a.) zur Frischluf-terwärmung betreiben lässt, erlaubt es, einen großen Anteil der gesamten Heizwärme auf niedriger Temperatur bereitzustellen. Bei guter Dämmung der Außenhülle erfordert nämlich die Lüftungswärme den größten Wärmebedarf.

[0071] Bei Passivhäusern kann der gesamte Wärmebedarf über eine deutlich über die Raumtemperatur hinaus erwärmte Frischluft gedeckt werden. Bei einer aWH mit Frischluf-terwärmung über die Murokauste liegt dann die erforderliche Übertemperatur jedoch deutlich niedriger, da die aWH nicht nur den Wärmeverlust durch den Ruhestrom in der Außenwand kompensiert sondern im "übergreifenden Modus", bei dem die Temperatur der Heizebene über der Raumtemperatur liegt, noch zusätzliche Heizungsbeiträge erbringen kann. Somit besteht die Aussicht, bei der Renovierung eines Gebäudes, eine fällige Erneuerung der konventionellen Heizkörper und der Verrohrung durch die Installation einer integrierten aWH als NT-Heizsystem mit voller Deckung zu ersetzen. In der Investitionsrechnung können dann aber die durch die unterlassene Erneuerung des bestehenden Heizsystems eingesparten Kosten der integrierten aWH und einer besonders großzügigen Wärmedämmung gut geschrieben werden. Im Grunde genommen kann damit der geniale Grundgedanken des Passivhaus-Konzeptes, durch eine radikale Einsparung beim Heizsystem einen ungewöhnlich großen Wärmeschutz und eine NT-Anwendung zu finanzieren, auch auf die nachträgliche Umwandlung von Altbauten in Passivhäuser übertragen werden.

[0072] Auch bei der Planung neuer Passivhäuser sollte man die Ausstattung mit einer integrierten aWH in Betracht ziehen.

1.53 Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung

[0073] Wegen der niedrigen Heiztemperaturen und ihrer riesigen Speicherkapazität eignet sich die integrierte aWH besonders als Einsatzbereich für die Wärmepumpenheizung.

[0074] Eine Ausweitung des Einsatzes der elektrischen Wärmepumpe könnte einen durchschlagenden Beitrag zur Energieeinsparung und ganz besonders zur Reduktion der CO₂-Emissionen bewirken. Im Gegensatz zum lokalen Einsatz von Brennstoffen kann nämlich der über das Netz herangeführte Strom dann als CO₂-frei angesehen werden, wenn er entweder aus einem CO₂-freien Kraftwerk (Kernenergie oder Erneuerbare Energie) oder aus einem großen zentralen Kohlekraftwerk stammt, welches – wie es für die mittlere Zukunft zu hoffen und wohl auch zu erwarten ist – unter CO₂-Abscheidung und Sequestrierung (= „Carbon Capture and Storage“ oder kurz: „CCS“) betrieben wird.

[0075] Inwieweit eine CCS auch bei kleineren dezentralen Fernwärmeerzeugern wirtschaftlich möglich wird, ist derzeit noch nicht abzusehen. Falls dies zu teuer wird, verbleiben, neben der Biomasse, zur CO₂-freien Bereitstellung von Heizwärme die Nutzung von Solarwärme und der Wärmepumpeneinsatz aus CO₂-freiem Strom. Beide Heizquellen können durch den Heizbetrieb mit Niedertemperatur und durch den Einsatz von NT-Speichern – wie es das Konzept der integrierten aWH vorsieht – wesentlich effektiver und vermutlich preiswerter genutzt werden.

[0076] Daher ist die erfindungsgemäße „integrierte aWH“ ein wichtiger Baustein zu einer ressourcenschonenden und ökologischen Beheizung von Gebäuden.

Bildunterschriften

[0077] Bild 1: Als Flächenheizung genutzte Außenwand, bestehend aus der massiven Außenwand **31**, einer außenliegenden Wandheizung (aWH) **32**, die über eine Kapillarrohmatte oder sonstige Rohre an die Außenwand **31** thermisch ankoppelt, und einer nach außen abschließenden Wärmedämmung **33**. (Stand der Technik). Diese Anordnung kann aber auch als voll funktionaler Außenwand-Wärmespeicher **3** betrieben werden.

[0078] Bild 2: Integration des Außenwand-Wärmespeichers **3** in ein aktives Heizsystem Über die außenliegende Wandheizung (aWH) **32** wird der Außenwandspeicher **3** be- und auch aktiv entladen. Im

Lademodus heizt die NT-Quelle **1** bei geschlossenem Schalter S1 die Außenwand **31** auf. Zusätzlich zum passivem Entlademodus über die Innenseite der Außenwand **31** kann durch die Schalter S4 und S5 der Außenwandspeicher **3** im aktivem Entlademodus auf den Wasser-Luft Wüt **4** zur Erwärmung von Umluft oder Frischluft **9** und/oder auf die Flächenheizung **5** geschaltet werden.

[0079] Bild 3: Integration des Außenwand-Wärmespeichers **3** in ein aktives Heizsystem mit in Reihe geschalteten Heizvorrichtungen. Die innere Flächenheizung **5** kann durch den Schalter S4 überbrückt werden. Der Wasser-Luft Wüt **4** liegt am kalten Ende und sorgt – insbesondere bei einer Erwärmung von Frischluft – für eine geringst mögliche Rücklaufemperatur.

[0080] Bild 4: Wahlweise Serienschaltung von Heizquelle **1**, Außenwandspeicher **3** und Wasser-Luft-Wüt **4**

[0081] Bild 5: Murokauste **35** zwischen massiver Außenwand **31** und Wärmedämmung **33**.

[0082] Der Hohlraum zwischen massiver Außenwand **31** und der Wärmedämmung **33**, der durch Batzen und geeignet ausgerichtete Wülste des Klebemörtels **34** stabilisiert wird, kann als „Murokauste“ **35** z. B. für die Aufwärmung von Frischluft **9** genutzt werden; die benötigte Heizwärme wird durch die aWH **32** geliefert

[0083] Bild 6: Wandausschnitt mit Murokauste **35**: Schematische Anordnung von Wülsten aus Klebemörtel als Querriegel **341**, Längsriegel **342** und Leitplanken **343** zur Verhinderung von Hinterlüftung und zur Gestaltung der Luftströmung. Die Frischluft **9** strömt von den Lufteinlässen **36** über einen Luftauslass **37** in einen Innenraum.

[0084] Bild 7: Murokauste mit Eingebettetem Wärmeübertragungskörper **6**: Zu jedem Luftauslass **37** gibt es eine durch Klebmörtel-Wülste **341** und **342** abgeteilte Murokauste **35**. Die Frischluft **9** strömt von einem (oder auch mehreren) Lufteinlass **36** in der Murokauste **35** durch einen geschlossenen Ring von Eingebetteten Wärmeübertragungskörpern **6** zum Luftauslass **37** und von dort in einen Innenraum.

[0085] Bild 8: Murokauste mit Eingebettetem Wärmeübertragungskörper **6** als Querriegel und Diffusor **6a** um den Lufteinlass **36**: Zu jedem Luftauslass **37** gibt es eine durch Klebmörtel-Wülste **341** und **342** abgeteilte Murokauste **35**. Die Frischluft **9** strömt von einem durch einen Diffusor **6a** druckmäßig etwas abgeschirmten Lufteinlass **36** in der Murokauste **35** durch einen Querriegel aus Eingebetteten Wärmeübertragungskörpern **6** zum Luftauslass **37** und von dort in einen Innenraum.

[0086] Bild 9: Eingebetteter Wärmeübertrager nach /12/: Ausschnitt durch einen Querschnitt.

[0087] Dünne und dünnwandige Röhrchen **61** sind durch ein Einbettungsmaterial **63** thermisch miteinander verkoppelt, so dass Wärme von einem warmen Fluid (w) zu einem kalten Fluid (k) fließen kann. (Stand der Technik, entspricht Bild 1 von /12/)

[0088] Bild 10: Eingebetteter Wärmeübertragungskörper **6**: Ausschnitt durch einen Querschnitt: Wärme fließt durch dünne und dünnwandige Röhrchen **61** von einem warmen Fluid (w) auf ein Einbettungsmaterial **63**, das thermisch mit der massiven Außenwand und direkt oder indirekt mit der aWH **32** verkoppelt ist.

[0089] Bild 11: Murokauste **35** mit aWH **32** und eingebettetem Wärmeübertragungskörper: Das Einbettungsmaterial **63** verkoppelt die Heizungsrohre der aWH **32** und die in der Murokausten **35** eingebetteten Röhrchen **61** thermisch miteinander und mit der massiven Außenwand **31**.

[0090] Bild 12: Zusätzliche Verbesserung des in der Murokauste **35** eingebetteten Wärmeübertragungskörpers nach Bild 11 durch eine rückwärtige Verbindung der Rohre der aWH **32** über ein dünnes Wärmeleitblech **64**, einen Putzträger oder eine nicht zu dünne Metallfolie.

[0091] Bild 13: Murokauste **35** mit Luftkanälen **62**: die Heizungsrohre der aWH **32** sind über ein Kammförmiges Wärmeleitblech **64**, dessen Zwischenräume als Luftkanäle **62** einer Murokausten genutzt werden, miteinander verbunden.

[0092] Bild 14: Murokauste **35** mit einer Stegplatten-artigen Kassette aus Luftkanälen **62** und Heizungsrohre der aWH **32**. Die Kassette wird aus Wärmeleitblech **64** gebildet.

[0093] Bild 15: Murokauste **35** mit Kapillarrohrmatten als aWH **32** und eingebettetem Wärmeübertragungskörper: Das Einbettungsmaterial **63** verkoppelt auch dünne Heizungsrohre der aWH **32** und die in der Murokausten **35** eingebetteten Röhrchen **61** thermisch miteinander und mit der massiven Außenwand **31**.

[0094] Bild 16: Ein Verbundkörper **336** aus einer Wärmedämmplatte **33** und einem plattenförmigem Eingebettetem Wärmeübertragungskörper **6** wurde mit Klebemörtel **34** auf der mit Einbettungsmaterial **63a** verputzten aWH **32** (z. B. Kapillarrohrmatten) aufgeklebt.

[0095] Bild 17: Verbundkörper **336** mit zusätzlich integriertem Wärmeleitblech **64**.

Bezugszeichenliste

1	Niedertemperatur (NT)-Wärmequelle (z. B. Solarkollektor oder -Absorber)
2	Pumpe für Heizmedium (Wasser)
3	Außenwandspeicher, als Einheit aus massiver Wand, aWH, Wärmedämmung u. a.
31	massive Wand
32	außenliegende Wandheizung (aWH)
33	(außenliegende) Wärmedämmung
336	Verbundkörper, bestehend aus Wärmedämmplatte und Wärmeübertragungsplatte
34	Klebemörtel
340	Klebemörtel-Batzen
341	Klebemörtelwulst, als Querriegel,
342	Klebemörtelwulst, als Längsriegel,
343	Klebemörtelwulst, als Leitplanke,
35	Murokauste, der Hohlraum zwischen massiver Wand 31 und Wärmedämmung 33 .
36	Lufteinlass, Außenluft tritt in die Murokauste ein
37	Luftauslass, Luft verlässt die Murokauste und strömt in einen Innenraum
4	Wasser-Luft-Wärmetauscher (Wüt)
5	innere Flächenheizung
6	Eingebetteter Wärmeübertragungskörper
6a	Diffusor
61	Röhrchen
62	Luftkanal
63 und 63a	Einbettungsmaterial, (Thermozeiment, oder auch Klebemörtel)
64	Wärmeleitblech
65	Zinken eines Kammförmigen Wärmeleitblech
S1	Absperrventil im Solarkreis
S3	Absperrventil im Speicherkreis-Kreis
S4	Absperrventil im Wüt-Kreis
S5	Absperrventil im Kreis der inneren Flächenheizung
9	Frischlufte und/oder Umlufte

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einbindung einer außenliegenden Wandheizung (aWH) **32**, also einer Flächenheizung zur Wärmeübertragung von einem Heizmedium auf die Außenwand eines Gebäudes, wobei die Wärmeübertragungsebene sich an der Außenseite der massiven Außenwand **31** befindet und die massive Außenwand **31** durch eine Wärmedämmung **33**, beispielsweise ein Wärmedämmverbundsystem, gegenüber der Umgebungsluft isoliert ist, in ein Gebäudeheizsystem bzw. Gebäudekühlssystem

dadurch gekennzeichnet, dass die aWH **32** die Außenwand als „Außenwandspeicher“ **3** sowohl zur Beladung als auch zur Entladung von Wärme oder Kälte benutzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass über die aWH **32** die vorher in die Außenwand eingespeicherte Wärme (bzw. Kälte) einem Wasser-Luft-Wärmeübertrager (Wüt) **4** zur Erwärmung (bzw. Abkühlung) von Umluft und/oder Frischluft **9** zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, dass die über die aWH **32** aus dem Außenwandspeicher **3** auf das Heizmedium übertragene Wärme zunächst einem Wüt zur Erwärmung von Umluft und dann einem nachgeschalteten Wüt zur Erwärmung von Frischluft zugeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass über die aWH **32** die vorher in die Außenwand eingespeicherte Wärme oder Kälte einem Heizkörper, insbesondere einem Niedertemperatur Flächenheizsystem **5**, im Innern des Gebäudes zugeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 zur Nutzung einer Vorrichtung zur außenliegenden Wandheizung (aWH) **32** dadurch gekennzeichnet, dass in einem besonderen zeitlich abgegrenzten Entlademodus zur Heizung (oder Kühlung) durch die Kanäle oder Rohre der aWH **32** direkt Umluft oder Frischluft **9** geleitet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die aWH **32** zur Abgabe oder Aufnahme von Wärme an bzw. aus einem Luftstrom genutzt wird, der in einem Luftkanal („Murokauste“ **35**) im Bereich zwischen massiver Außenwand **31** und Wärmedämmung **33** geführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch **6** zur Erwärmung oder Entwärmung von Luft dadurch gekennzeichnet, dass durch die Murokauste **35** Frischluft **9**, Umluft, Abluft oder auch in einem Solarkollektor erwärmte Luft geführt wird, wobei die aktive Temperierung des Luftstromes durch die als aWH **32** ausgeführte Flächenheizung wegen der Speicherfähigkeit der massiven Außenwand **31** auch zeitlich versetzt erfolgen kann.

8. Verfahren nach Anspruch **6** und Anspruch **7** dadurch gekennzeichnet, dass die Murokauste **37** als regenerativer Wärmetauscher genutzt wird, indem durch sie einerseits Luftströme fließen, die Wärme an die Wände der Murokauste und dadurch an die massive Außenwand abgeben, als auch zeitlich versetzt solche Luftströme fließen, die Wärme aus den Wänden der Murokauste aufnehmen.

9. Vorrichtung in einem Gebäude, das mit einer integrierten aWH nach Anspruch 1 ausgestattet werden soll, zur Erwärmung oder Entwärmung von Luft, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Anbringung des Wärmedämmverbundsystems der Hohlraum, der sich zwischen der Innenseite der Wärmedämmung **33** und der äußeren Oberfläche der massiven Außenwand **31** ergibt, durch eine strömungsgünstige Anordnung der Verklebungsflächen und Dübel so gestaltet wird, dass er als Luftkanal („Murokauste“ **35**) zwischen Einlass **36** und Auslass **37** der Luft **9** genutzt werden kann.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9 dadurch gekennzeichnet, dass zur lokalen Erhöhung der Wärmeübertragung zwischen Luft und Wand die Murokauste **35** in einem oder mehreren zusammenhängenden Streifen von Eingebetteten Wärmeübertragungskörpern **6** ausgefüllt wird, die aus parallelen dünnen Röhrchen **61** bestehen, welche in einem gut Wärme übertragendem Einbettungsmaterial **63** aus Mörtel oder Kleber eingebettet sind.

11. Vorrichtung, bestehend aus einer Wärmedämmplatte **33** und einem darauf streifenförmig aufgebrauchten Eingebetteten Wärmeübertragungskörper **6** nach Anspruch 10, die als vorgefertigter Verbundkörper **336** auf eine an einer massiven Außenwand **31** eingeputzten aWH **32** aufgeklebt werden kann.

12. Vorrichtung zur Nutzung der nach den Verfahren und Vorrichtungen nach Anspruch 1 bis 11 in dem Außenwandspeicher **3** gespeicherten Wärme oder Kälte, dadurch gekennzeichnet, dass (zur Optimierung der Speicherfähigkeit bei vorgegebener Ladetemperatur) an der Innenseite der Außenwand eine zusätzliche Wärmedämmung und/oder eine besondere Speicherschicht, die ein Phasenänderungsmaterial (Phase change material, PCM) enthält, angebracht wird.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

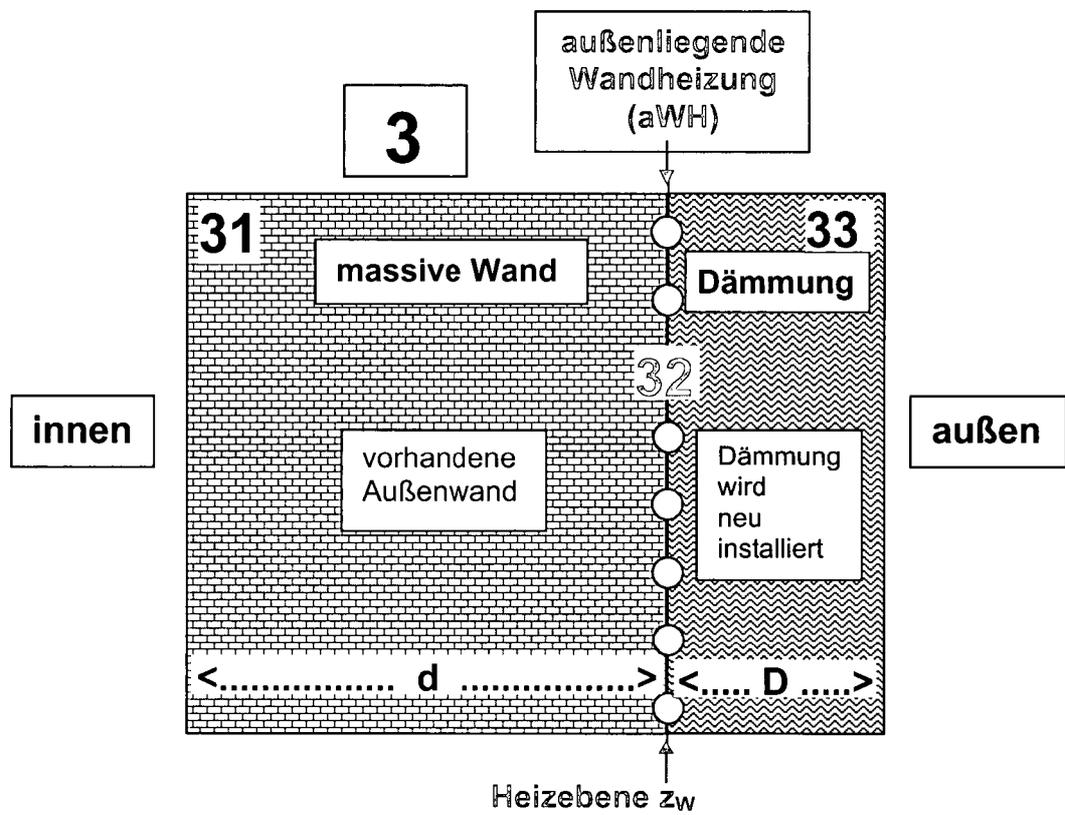


Bild 1:

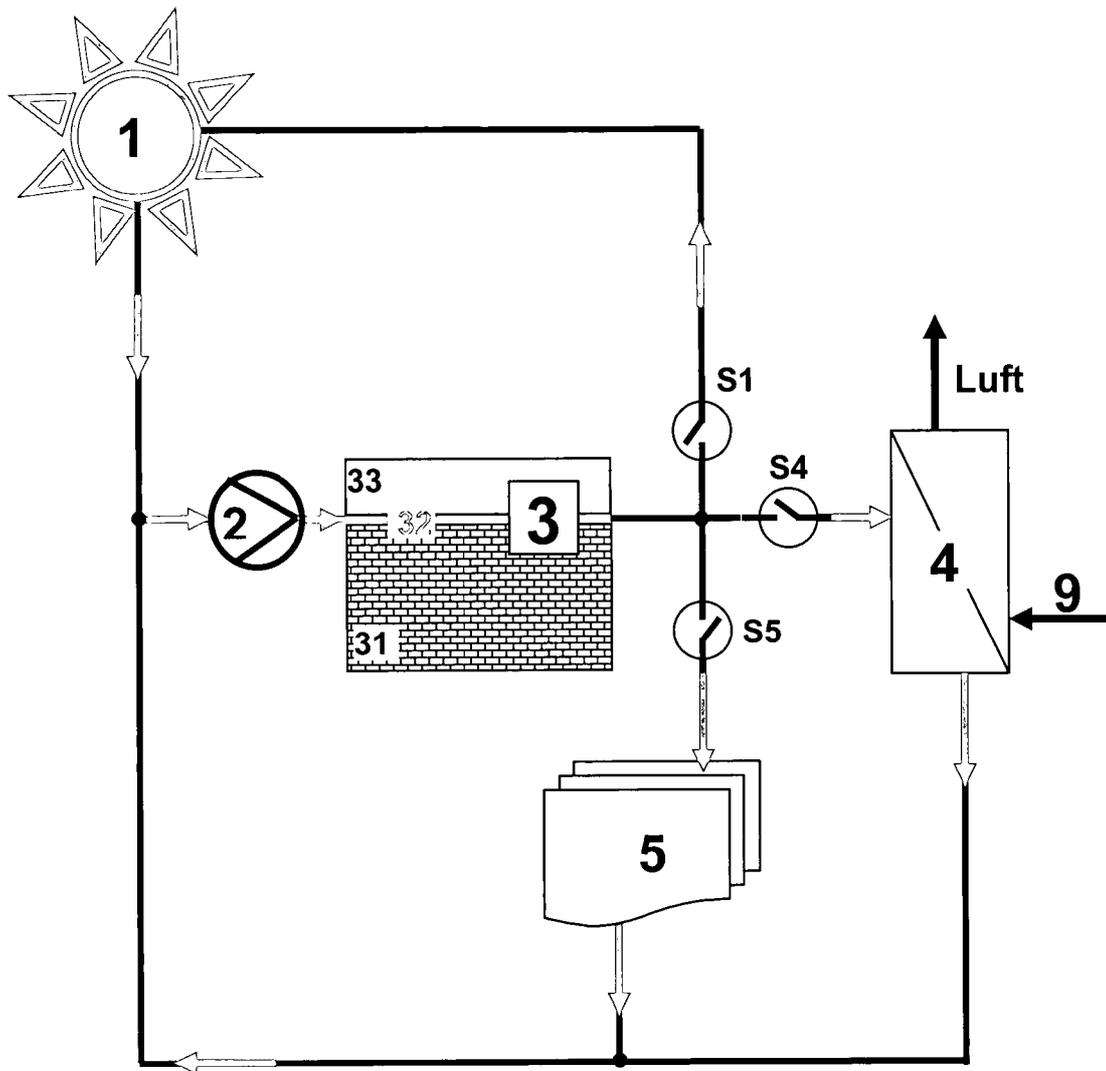


Bild 2:

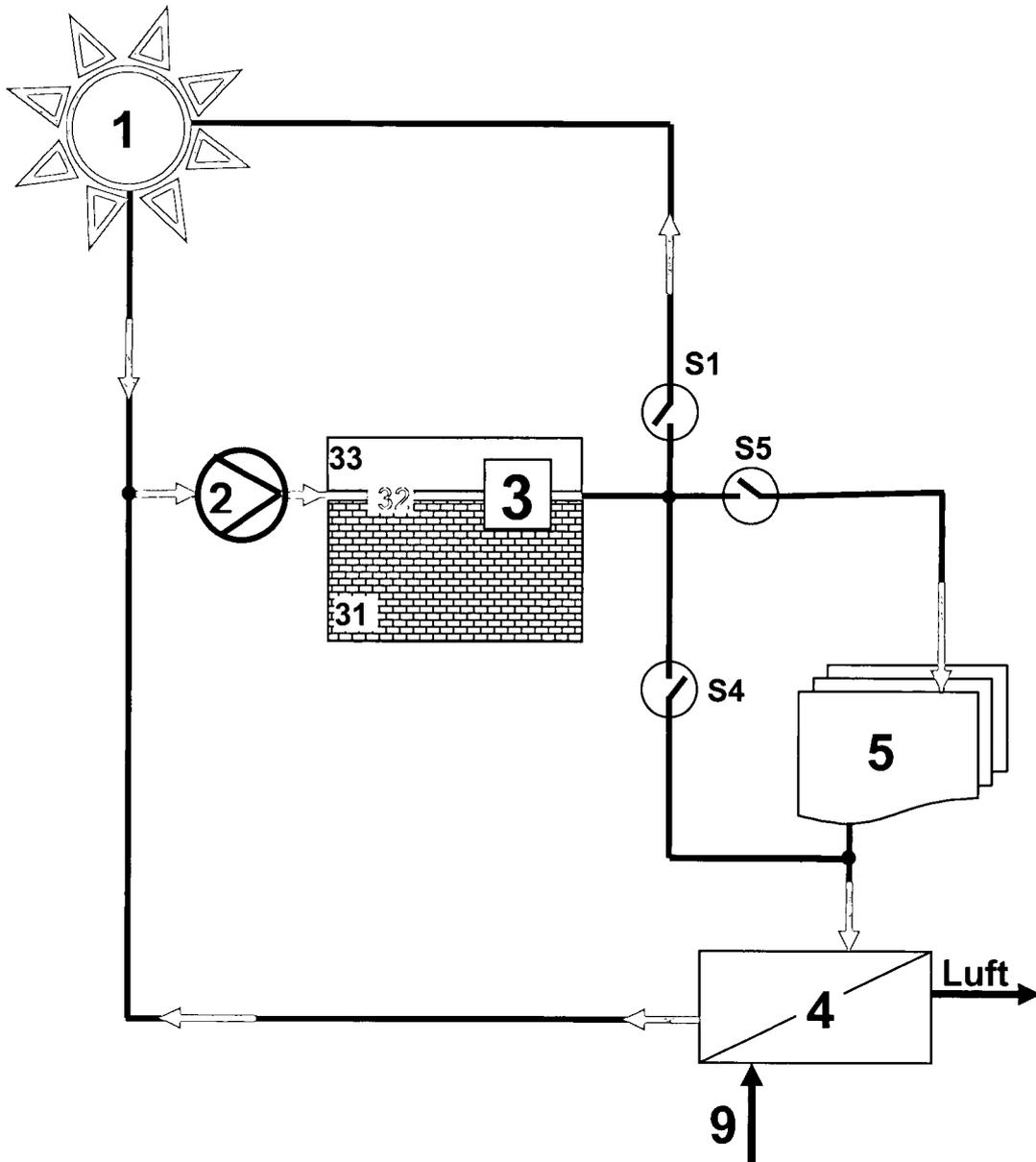


Bild 3:

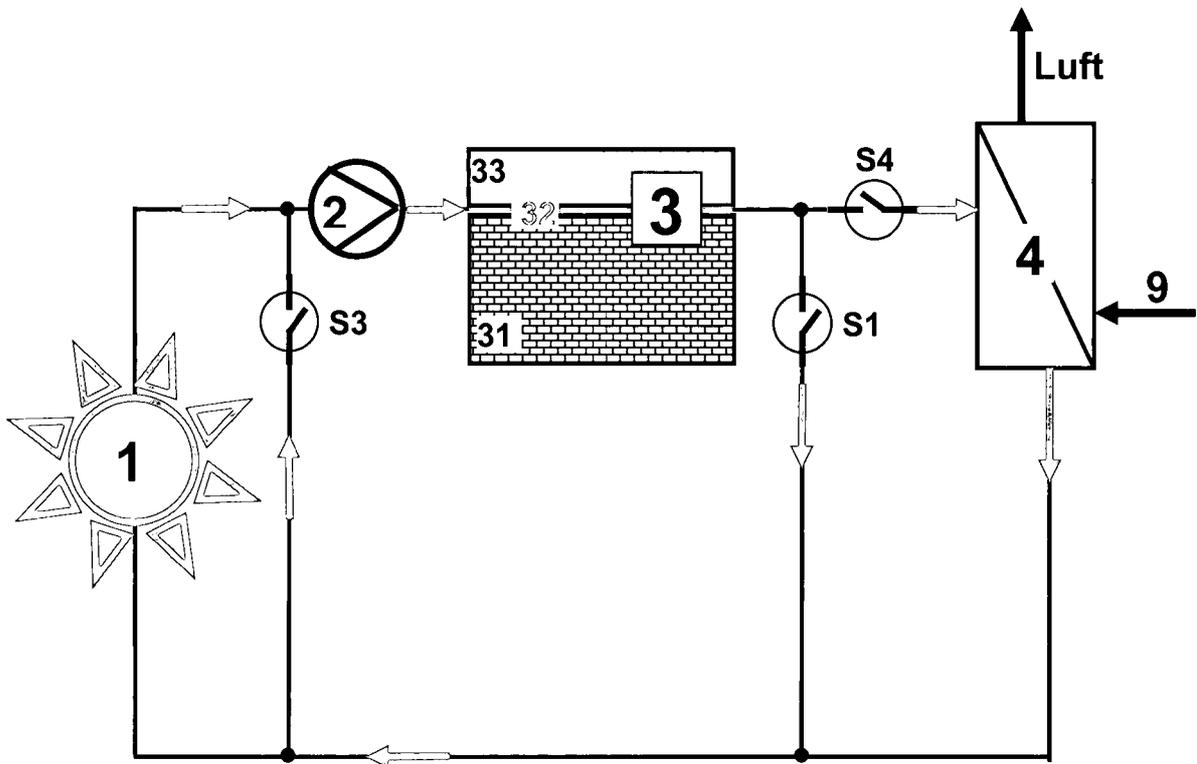


Bild 4:

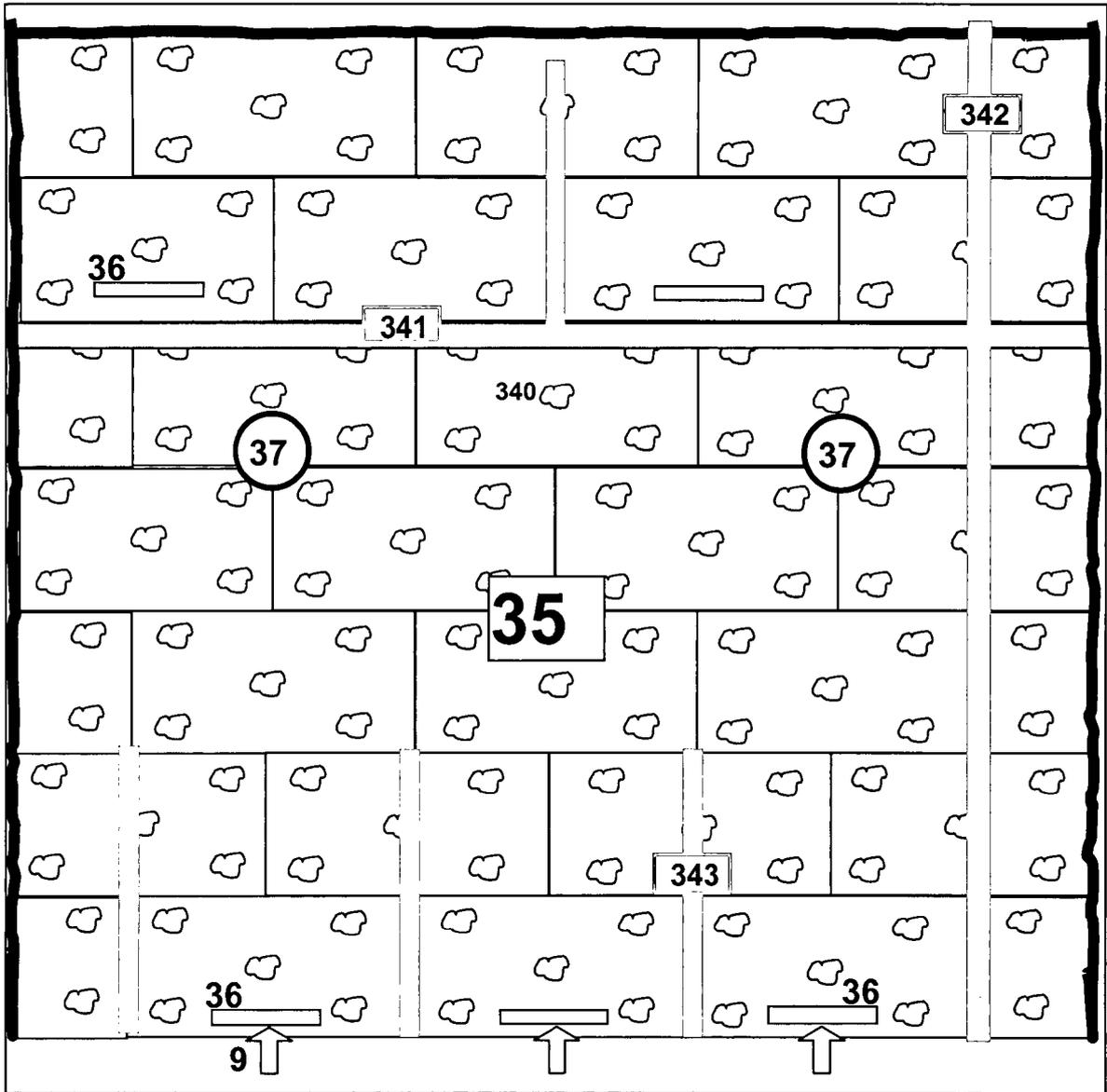


Bild 6:

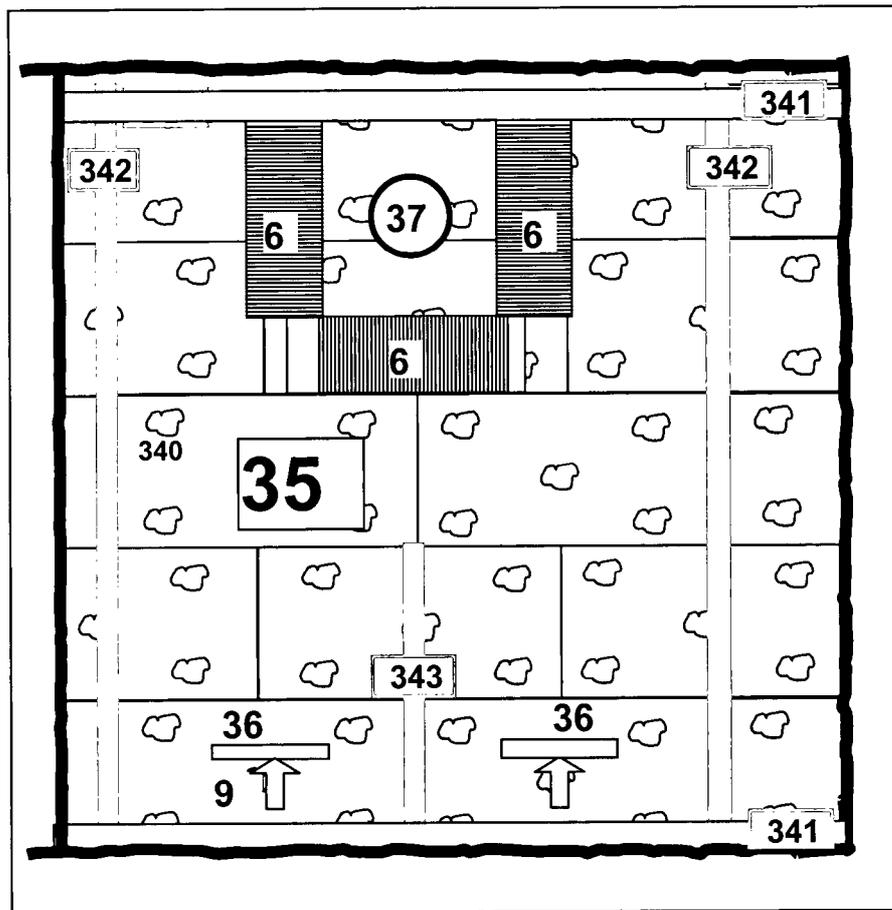


Bild 7:

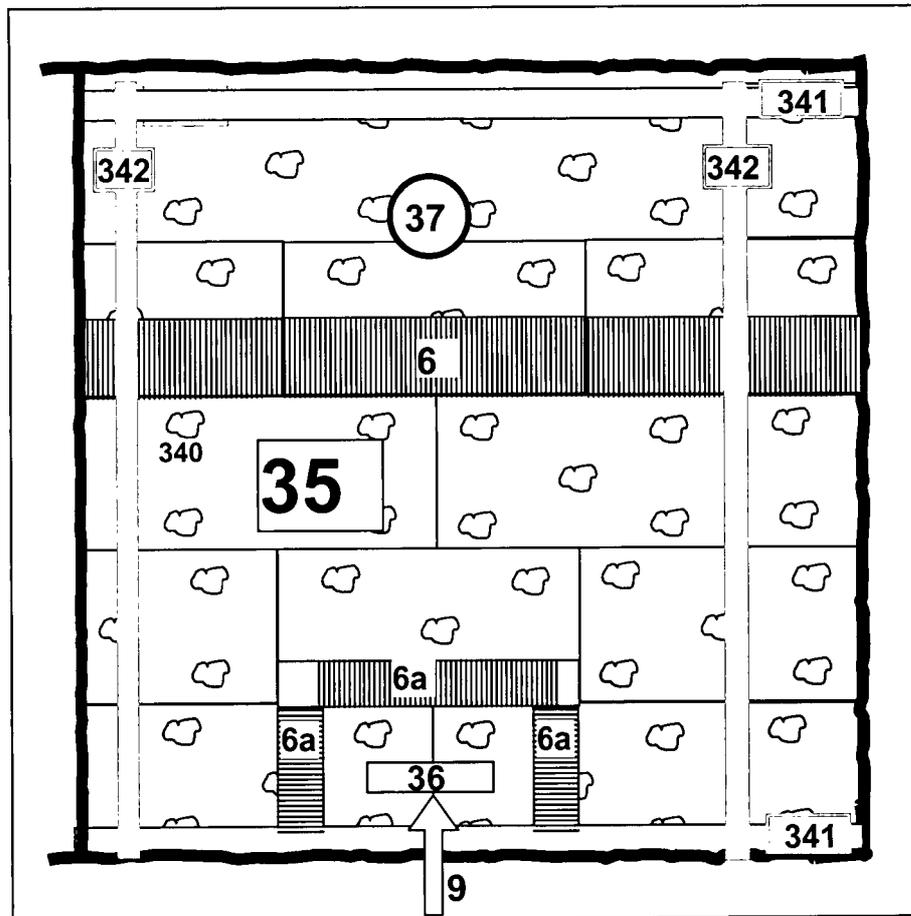


Bild 8:

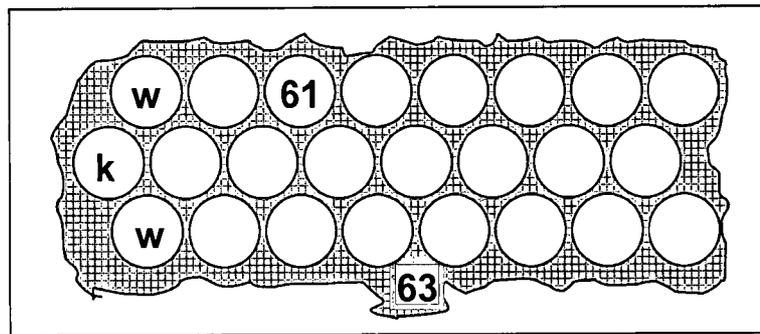


Bild 9:

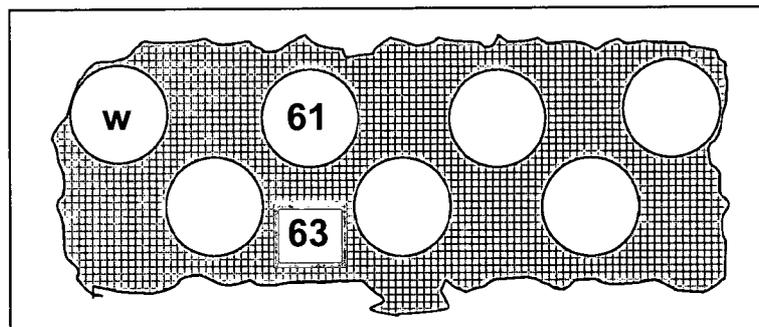


Bild 10:

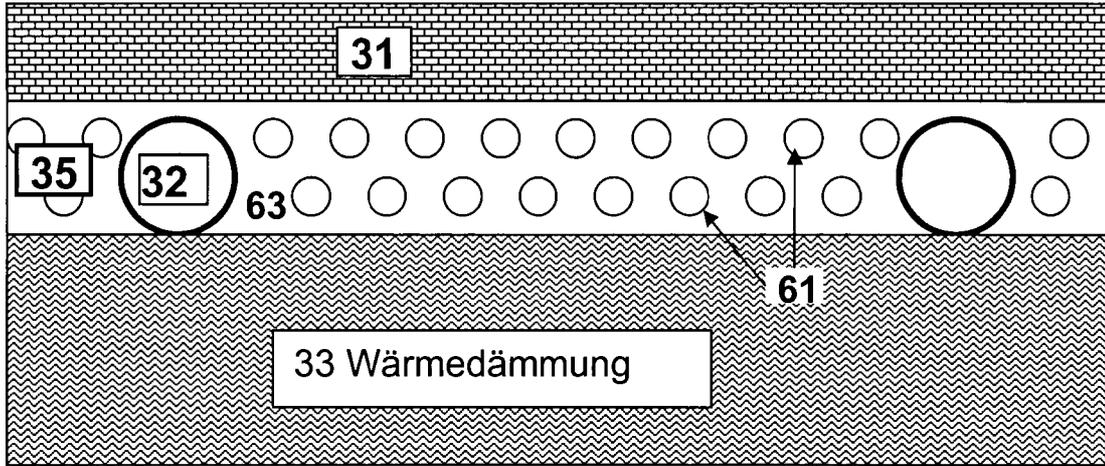


Bild 11:

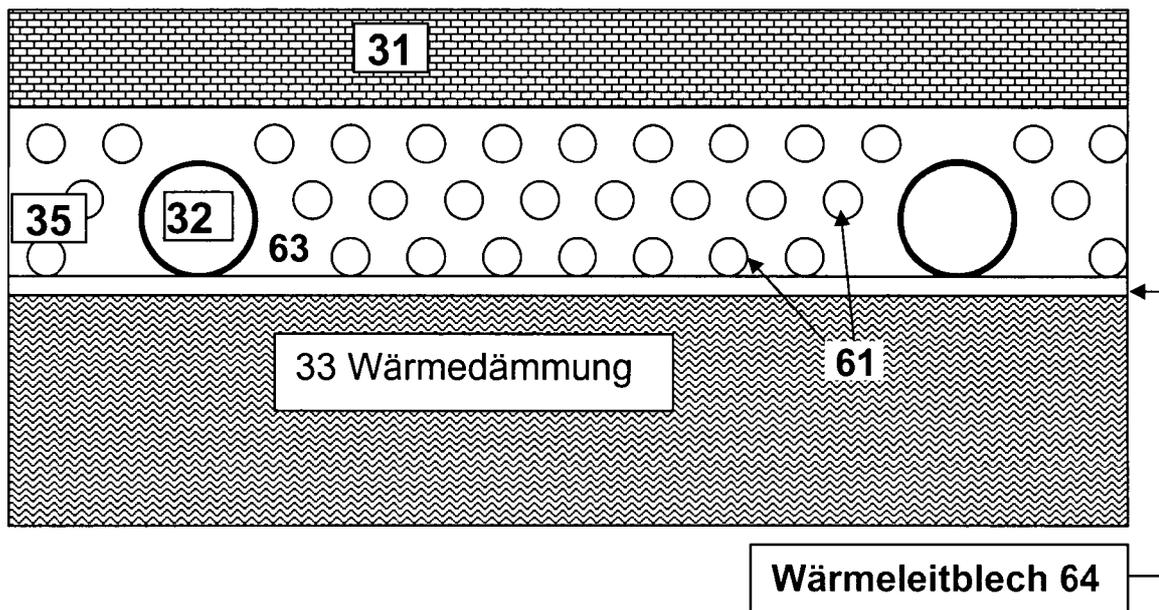


Bild 12:

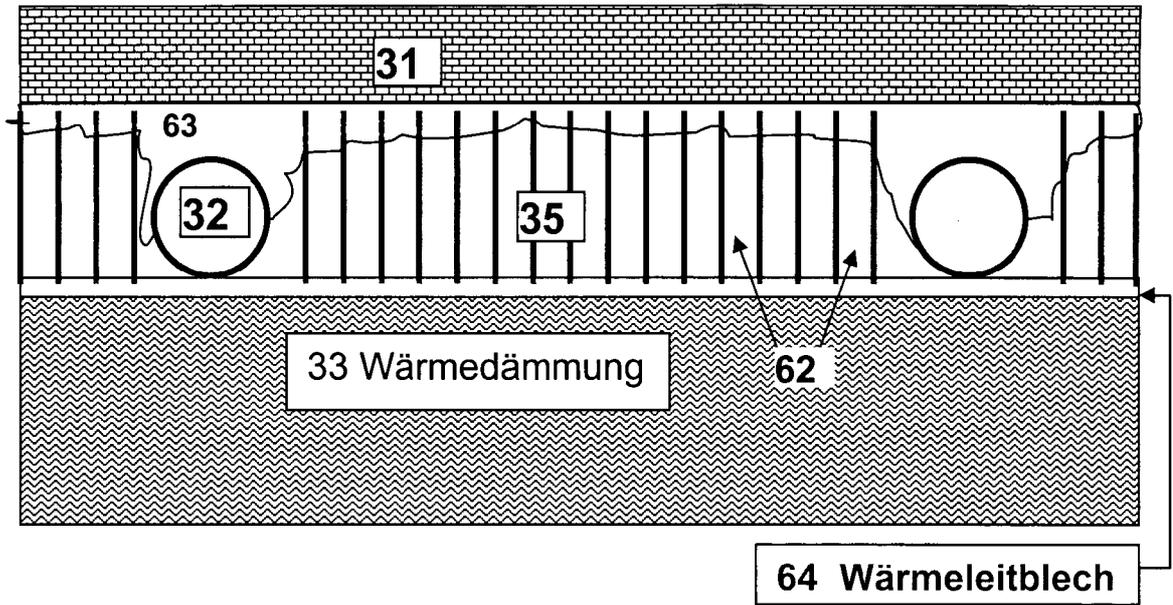


Bild 13:

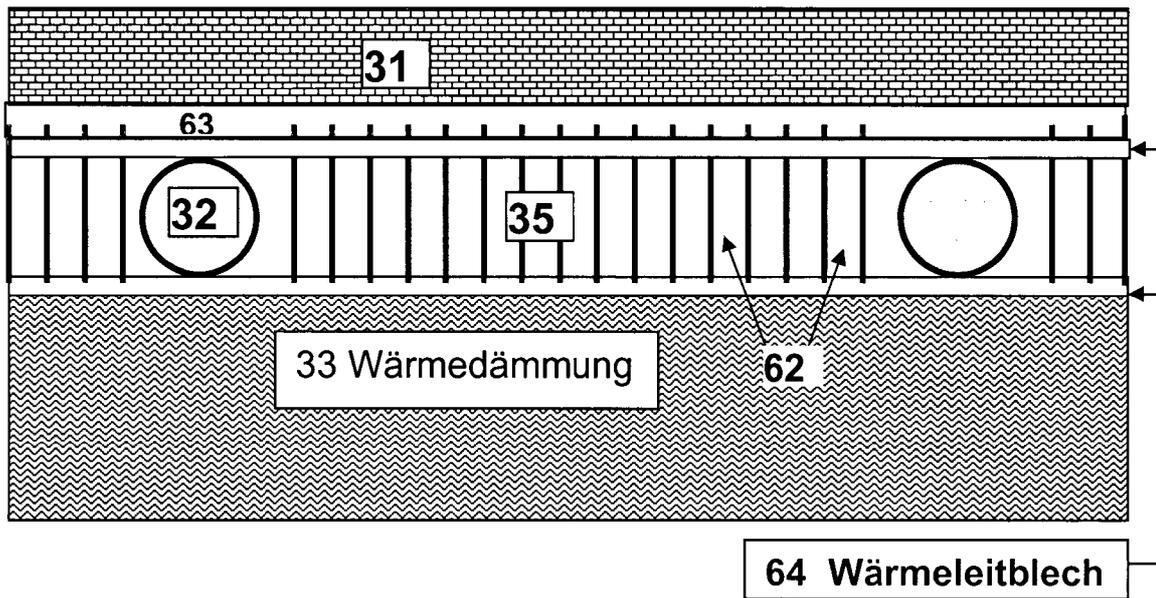


Bild 14:

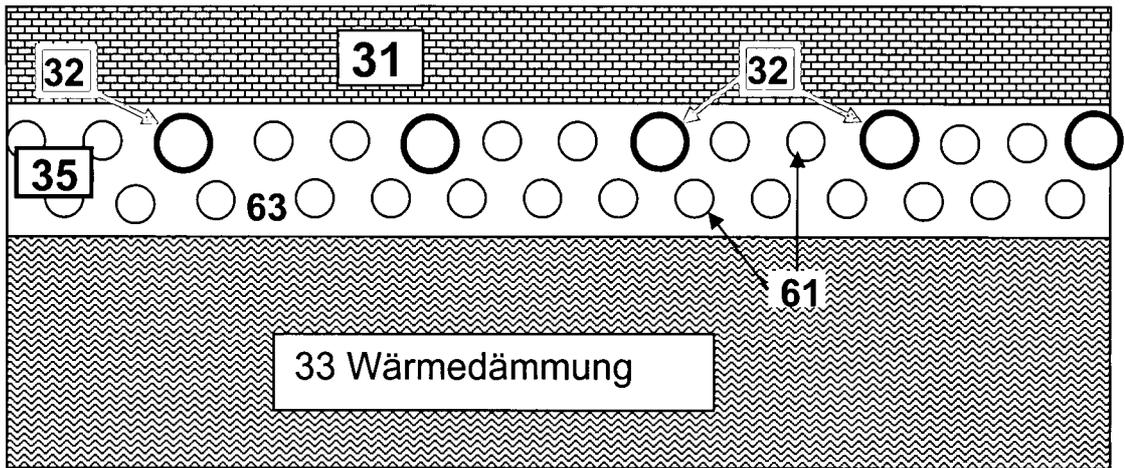


Bild 15:

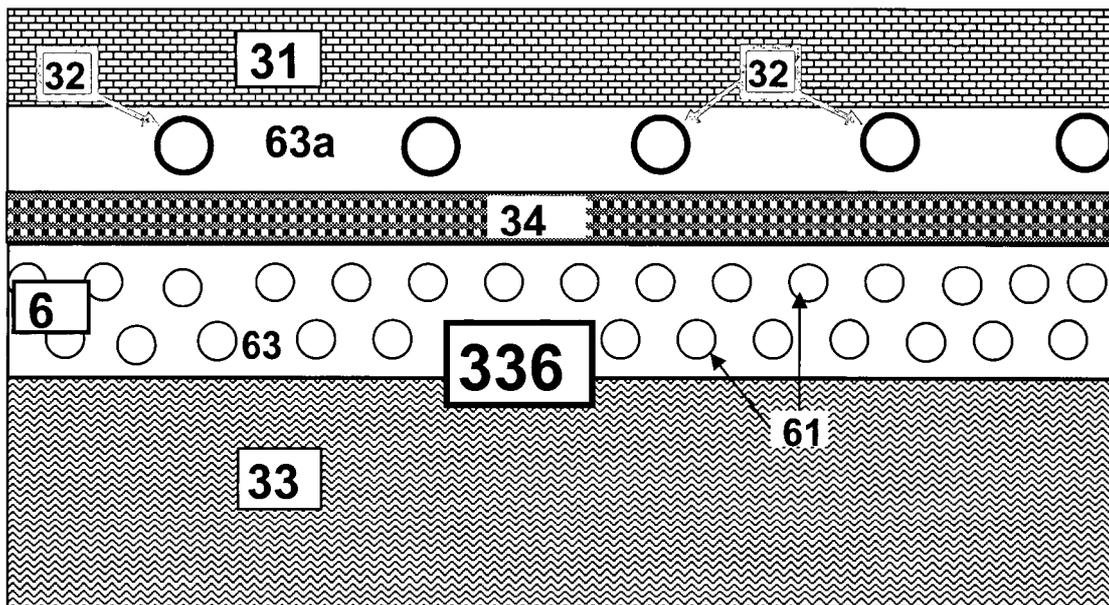


Bild 16:

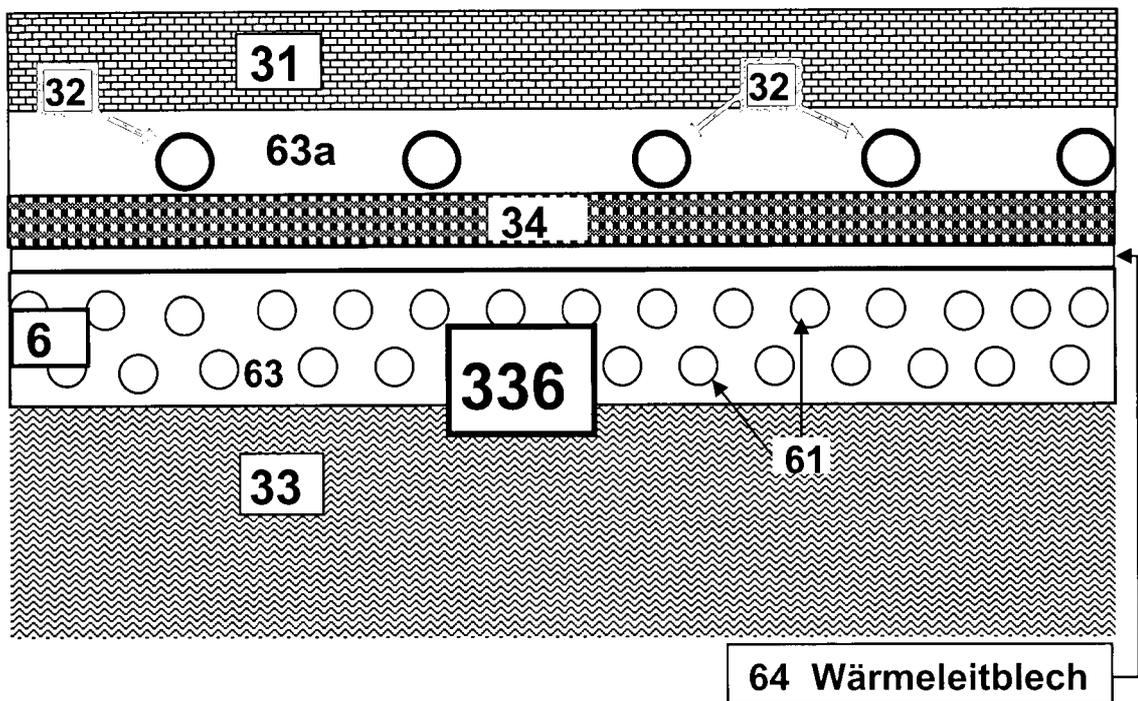


Bild 17: