

RUMBA an der EMPA

RUMBA ist ein Programm zur Einführung eines systematischen Ressourcen- und Umweltmanagements in der Bundesverwaltung, wie es mit Bundesratsbeschluss vom 15. März 1999 definiert wurde. Hauptziel von RUMBA ist die kontinuierliche Verminderung von Umweltbelastungen, was stets auch den sparsamen und effizienten Energieeinsatz umfasst. Es lehnt sich in weiten Teilen an die Methodik gemäss ISO 14001 an. Im gesamten ETH-Bereich soll ein Umweltmanagement-System eingeführt werden, welches auf dem erwähnten RUMBA basiert. Die EMPA, als eine der Annexanstalten des ETH-Bereichs führt RUMBA an den drei Standorten Dübendorf, St. Gallen und Thun koordiniert ein. Die Leitung des Umwelt-Teams der EMPA liegt bei M. Zimmermann vom ZEN.

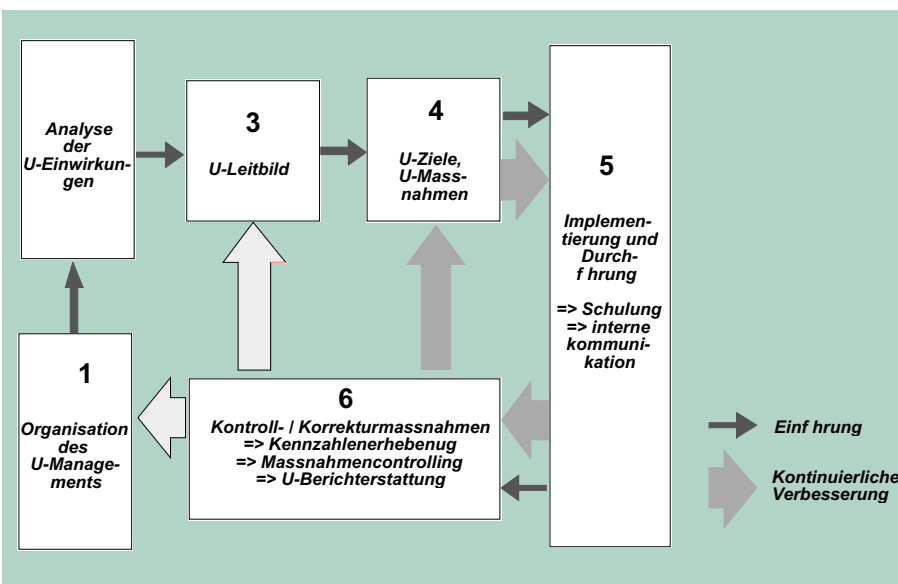
Zielsetzung

Die Vision empa 2010 und die darin integrierte "EMPA-Strategie zur Nachhaltigkeit" bilden die Grundlage für das Umweltleitbild. Die EMPA verpflichtet sich, einen Beitrag zur dauerhaften Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen zu leisten. Das Umweltleitbild bildet den Rahmen für die Festlegung umweltbezogener Zielsetzungen und Einzelziele.

Die EMPA hält sich bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit an die Brundtland-Definition und berück-

sichtigt Anforderungen bezüglich wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Verträglichkeit. Sie befasst sich mit denjenigen Handlungsfeldern, bei denen sie zu Aspekten der Nachhaltigkeit einen wesentlichen Beitrag leisten kann. Insbesondere werden die ökologisch relevanten Auswirkungen berücksichtigt.

RUMBA sieht einen kontinuierlichen Optimierungsprozess in sechs Teilschritten vor.



Figur 1: Vorgehensschritte des Umweltmanagement-System RUMBA

Rumba an der EMPA 1

Die EMPA hat ein Umweltmanagement eingeführt

WP-Schaltungen 3

Sieben Standardschaltungen ermöglichen dem Planer und Anlagebauer einen sicheren Betrieb.

tabs mit PCM 5

An der EMPA wurde das thermoaktive bauteilsystem *tabs* mit Latentspeichermaterial ergänzt, um fehlende thermische Masse im Gebäude auszugleichen

VIP 7

Vakuumisulationspanele (VIP) werden an der EMPA auf ihre Gebrauchstauglichkeit untersucht.

Das Energiefachbuch 8

Das neue schweizerische Energiefachbuch 2004: zukuntorientierte Bauweisen und intelligente Energienutzung - von der Forschung bis zur Praxis

Status-Seminar 04 8

2004 findet das 13. Status-Seminar statt. Mit dem „Call for papers“ werden Beiträge gesucht.

Umweltbelastung der EMPA Prozesse

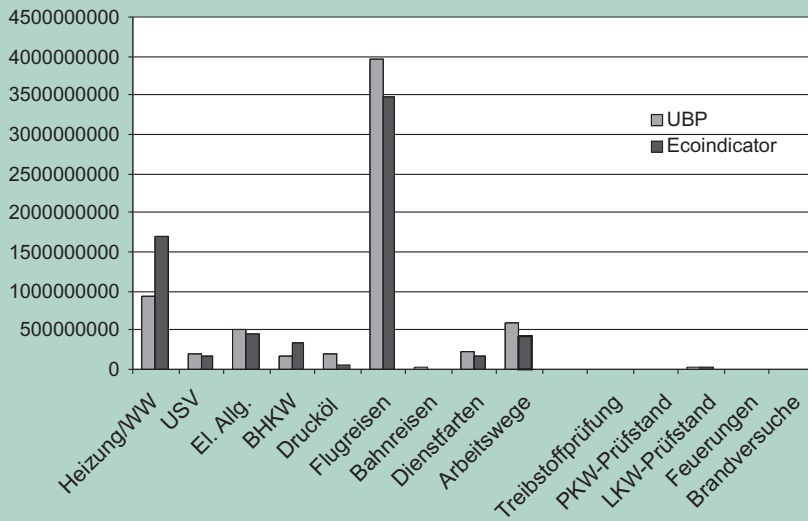


Fig. 2: Umweltbelastung ausgewählter Prozesse an der EMPA

RUMBA umfasst im Wesentlichen drei Bereiche:

- Direkte Umweltwirkungen, welches sich durch die Arbeitsplätze und der EMPA-Infrastruktur ergeben;
- Direkte Umweltwirkungen, welche durch besondere Prüf- und Forschungsarbeiten verursacht werden;
- Indirekte Umweltwirkungen, welche die EMPA durch Forschung und Entwicklung in unserer Gesellschaft zu beeinflussen vermag.

Währenddem sich die direkten Auswirkungen messen und rasch beeinflussen lassen, ist die Wirkung des dritten Bereichs nur indirekt quantifizierbar.

Die umweltbezogene Verbesserung des wissenschaftlichen EMPA-Portfolios findet auf der Basis des Umweltleitbildes der EMPA und dessen Niederschlag in den Leistungsvereinbarungen mit den Departementen und Abteilungen statt.

Verantwortlichkeiten

Das Umwelt-Team ist von der EMPA-Direktion mit der Durchführung des Umweltmanagements beauftragt, welche koordiniert mit dem ETH-Bereich durchzuführen ist.

Das Umweltteam agiert als Team,

unter der Leitung von Mark Zimmermann, EMPA ZEN

Das Umwelt-Team führt Umwelt-Relevanzanalysen durch. Mit den Umwelt-Relevanzanalysen werden die wesentlichen Tätigkeiten der EMPA bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Umwelt analysiert und bewertet. Als Bewertung werden die Umweltbelastungspunkte gemäss BUWAL Schriftenreihe Umwelt sowie dem Ökoindikator 99 nach der CML-Methodik eingesetzt.

Die Umwelt-Relevanzanalysen konzentrieren sich auf die direkten Auswirkungen des EMPA-Betriebs und der wichtigen Prüf- und Forschungstätigkeiten. Indirekte, gesellschaftliche Auswirkungen des Prüf- und Forschungsbetriebs sowie der Wissensvermittlung werden noch nicht erfasst. Sie werden durch das EMPA Umweltleitbild beachtet.

Das Umwelt-Team erarbeitet Massnahmepläne zuhanden der Direktion.

Das Umwelt-Team rapportiert in geeigneten Medien und Berichten wie z. B. Web-Page über die Zielsetzung, Organisation und Schwerpunkte des Umweltmanagements sowie die erzielten Erfolge.

Besonderes Gewicht wird auf den Einbezug der Mitarbeiter und Mit-

arbeiterinnen gelegt. Diesen steht ein Vorschlagswesens zur Verfügung. Dort können Verbesserungen und Anregungen direkt eingebracht werden.

Vorgesehen ist, dass die Direktion ab 2004 jährlich einen Umweltbericht herausgibt.

Rumba wirkt!

Unter www.rumba-ethz.ch sind Informationen aus dem gesamten ETH-Bereich abrufbar. Mit dem Vorliegen des 2. Umweltberichts von Nov. 03 kann bereits heute gezeigt werden, dass in den Institutionen, welche RUMBA anwenden, der Elektrizitätsverbrauch seit 2001 gesunken ist, während er bei den anderen Bundesstellen noch angewachsen ist.

Umsetzung von RUMBA an der EMPA

Die Empa besitzt ein Qualitätsmanagementsystem. Die Einbindung von RUMBA in dieses Qualitätsmanagementsystem ist vorgesehen. Damit soll verhindert werden, dass RUMBA als selbständiges Instrument ein Nischendasein fristet und nur bei Bedarf angewandt wird.

Die Erhebung der relevanten Daten ist grösstenteils abgeschlossen. Als nächste Phase sollen nun konkrete Umweltziele definiert werden. Das heisst aber nicht, dass die EMPA noch keine Anstrengungen unternommen hat, um mit Ressourcen sorgsam umzugehen und der Umwelt Sorge zu tragen. Dies geschieht heute ohnehin, allerdings noch nicht nach festgelegten Zielvorgaben und ohne Kontroll- und Reportingmechanismen.

Die Datenerhebung soll nun periodisch aktualisiert werden. Unter Umständen sind zusätzliche Grundlagen zu erarbeiten, um die Umweltanliegen der einzelnen Organisationen vom gesamten Betrieb bis zu den Abteilungen abbilden zu können.

Planungshilfsmittel für standardisierte Wärmepumpenschaltungen steht bereit

Thomas Afjei, Institut für Energie, FHBB Muttenz

Zur Heizenergiebereitstellung und zur Warmwasserbereitung in Wohnbauten finden immer mehr Elektro-Wärmepumpen Anwendung. Mit einem Marktanteil von fast 46 % ist diese Technologie mittlerweile im Einfamilienhaus-Neubau in der Schweiz marktführend. Sieben Standardschaltungen für Wärmepumpenanlagen im Einfamilienhaus weisen eine gute Praxistauglichkeit, hohe Energieeffizienz und eine erwiesene Zuverlässigkeit auf.

Im Einfamilienhausbau ist meist kein Heizungsplaner beteiligt. Der Installateur entscheidet - mitunter in Absprache mit dem Wärmepumpenhersteller - über die Hydraulikschaltung, Dimensionierung und Reglereinstellung. Die Praxis zeigt jedoch, dass es eine verwirrende Vielfalt von Möglichkeiten gibt, hydraulische Schaltungen von Wärmepumpenanlagen auszulegen und zu betreiben.

Für den Planer steht eine einfach anwendbare tabellarische Planungshilfe zur Verfügung, die das Auswählen der geeignetsten Variante und die vollständige Dimensionierung der Anlage erlaubt

Alle Standardschaltungen sind auf dem Markt etabliert und werden von mehreren Herstellern angeboten. Mit Kenntnis des Gebäudes (Angaben nach SIA 380/1, SIA 384/2 oder Messungen) und dem Wärmeverteilsystem (Radiatoren oder Fussbodenheizung) kann mit der Planungshilfe

die richtige Schaltung ausgewählt und dimensioniert werden. Diese umfasst u.a. die Grösse von Wärmepumpe, Speicher, Rohren und Umwälzpumpen, die Positionierung der Temperaturfühler, die Heizkurve, die Hysterese zum Ein-/Ausschalten und die Einstellung des Überströmventils bei Schaltungen mit Thermostatventilen.

Heizkurve nach SIA 384/2 zu hoch

Wenn im Neubau die Heizkurve nach den Planungsdaten SIA 384/2 eingestellt wird, müssen Thermostatventile den Heizvolumenstrom drosseln oder es wird im Gebäude zu warm. Für ein Niedrigenergiehaus im Mittelland erwies sich ein Faktor von 0.7 für die Differenz Heizmittel- zu Raumtemperatur am Auslegungspunkt als optimal (Beispiel in Fig. 2). Dies gilt nicht für die Sanierung, da sich die Heizkurve in der Regel bereits nahe am Optimum befindet.

Wärmepumpe nach SIA 384/2 zu gross

Die Heizleistung der nach SIA 384/2 dimensionierten Wärmepumpe kann für ein Niedrigenergiehaus um ca. 20 % reduziert werden, ohne Komforteinbussen einzugehen. Dies gilt nicht für die Sanierung, da dort die Wärmepumpe mit dem effektiven Heizmittelverbrauch dimensioniert wird.

Ausschaltfühler für WW-Ladung am Wärmepumpen-Austritt platzieren

Oft ist der Temperaturfühler zum Beenden der WW-Speicherladung in der Mitte des Warmwasser-Speichers montiert. Der Sollwert zum Abschalten muss dann so eingestellt werden, dass ein Hochdruckfehler sicher vermieden wird. Dies bedingt, dass bei einer Hochdruckgrenze von 55 °C nur eine mittlere Zapftemperatur von 42 °C erreicht werden kann, was zu niedrig ist. Wird die Temperatur direkt am Wärmepumpenaustritt zum Abschalten verwendet, kann immer bis knapp unter die Hochdruckgrenze gefahren werden, wodurch sich die mittlere Zapftemperatur auf 46 °C erhöht, was in den meisten Fällen akzeptabel ist.

Maximal 40% variabler Massenstrom ohne Überströmventil

Die Simulationen zeigen, dass ein Anteil geregelter Heizflächen von 40 bis 60 % ohne grosse Einbussen bei der Arbeitszahl vertretbar ist.

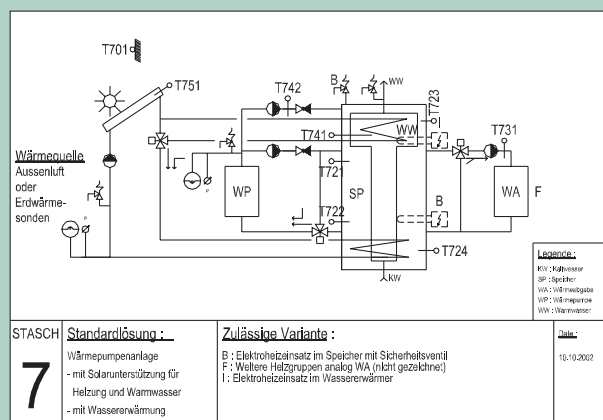
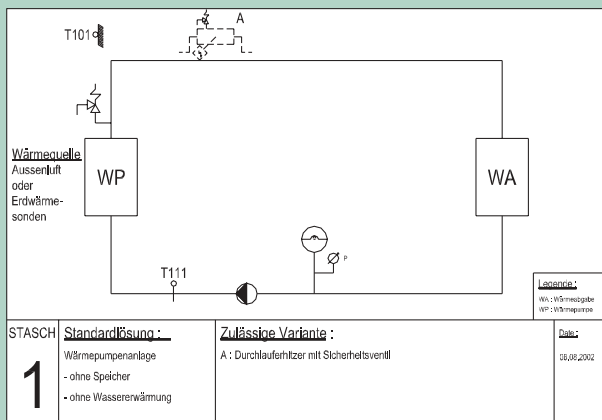


Fig. 1: Zwei Beispiele aus den sieben Standardschaltungen: STASCH1 - Ohne Speicher, nur Heizen und STASCH7 - Mit Kombispeicher und Sonnenkollektor, Heizen und Warmwasser

Aus Sicherheitsgründen werden max. 40% empfohlen. Dies verursacht eine Temperaturerhöhung in den unregulierten Zonen, da sich der Volumenstrom in den verbleibenden, unregulierten Heizkreisen bei konstanter Leistung der Umwälzpumpe aus hydraulischen Gründen erhöht.

Seriespeichervolumen

Serienspeicher liegen im gleichen Kreislauf wie WP und Wärmeabgabe. Im Neubau sollte das Volumen für einen Serienspeicher mit Bodenheizung mit max. 40%-Thermostatventilanteil 15-20 Liter/kWHG betragen. Bei einer Radiatorenheizung (Sanierung) erhöht sich das Volumen auf 20-25 Liter/kWHG. Der Speicher muss für den Betrieb an der Heizgrenze dimensioniert werden, weil eine Luft/Wasser-Wärmepumpe dort die maximale Heizleistung hat und eine Mindestlaufzeit von 15-20 Minuten sichergestellt werden sollte.

Parallelspeichervolumen

Parallelspeicher werden von der WP gespiesen und geben in einem separaten Kreislauf die Wärme an die Verbraucher ab. Das Parallelspeichervolumen sollte mind. 35 Liter/kWHG betragen, um eine Mindestlaufzeit von 20 Minuten einzuhalten und interne Kurzschlüsse bei zu kleinem Speichervolumen zu vermeiden.

100% variablen Massenstrom und Überströmventil vermeiden

Voll regelbare Heizkreise mit Überströmventil führen zu starkem Takten und zu Hochdruckfehlern, sobald von den optimalen Randbedingungen abgewichen wird. Dies gilt besonders dann, wenn die Heizkurve zu hoch eingestellt ist. Laufzeiten und Arbeitszahl wären nur bei einer optimalen Einstellung aller Parameter akzeptabel, was in der Praxis jedoch kaum der Fall ist. Daher sind voll regelbare Heizkreise in Kombination mit einem Überströmventil (Bypass) nicht zu empfehlen.

Beste Schaltung gibt es nicht

Bei niedrigem Wärmeleistungsbedarf und einer Bodenheizung mit

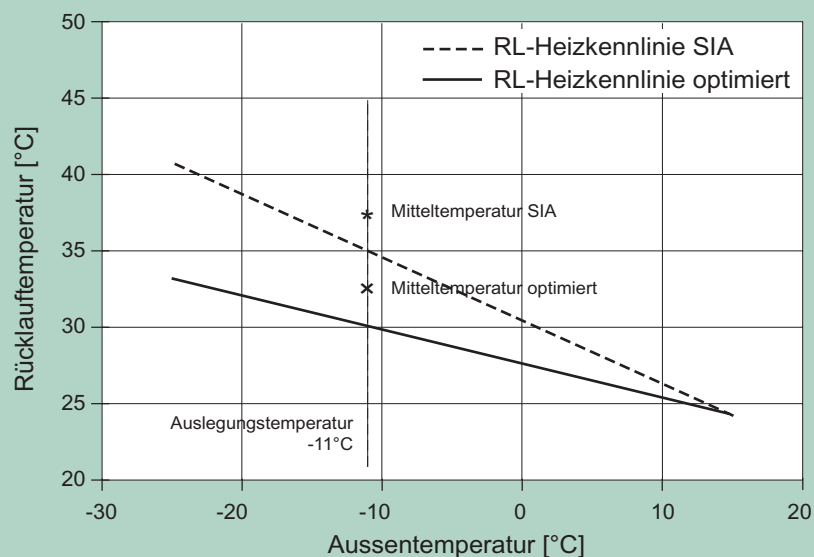


Fig. 2: Vergleich Rücklaufheizkennlinien optimiert und SIA 384/2

niedrigen Vorlauftemperaturen sollte eine möglichst einfache Schaltung, wie z.B. die Schaltung 1 (Fig. 1), verwendet werden.

Die guten Ergebnisse von speicherlosen Anlagen mit teilweise geregelten Heizkreisen legen den Schluss nahe, dass Wärmepumpenanlagen in den kantonalen Energieverordnungen in Zukunft gesondert zu behandeln sind, um von der oft vorgeschriebenen Einzelraumregelung abzukommen, die oft zu einer zu hoch eingestellten Heizkurve verleiten. Auf Thermostatventile und Überströmventil kann verzichtet werden, wenn die Heizkurve korrekt eingestellt worden ist.

Planungsschritte

Die neue Planungshilfe reduziert die verwirrende Zahl existierender Schaltungen auf sieben. Sie ermöglicht mit minimalen Planungsaufwand effiziente, kostengünstige und betriebssichere Wärmepumpen-Heizungsanlagen auszulegen. Es ist zu hoffen, dass die Planungshilfe rasch Eingang in die Praxis finden wird.

Projektbeteiligte:

- FHBB, Institut für Energie
 - Dr. Eicher und Pauli AG
 - Gabathuler AG
 - HTA Luzern, ZIG
 - Planair SA
- mit finanzieller Unterstützung des BFE.

Publikationen

- [1] Th. Afjei, U. Schonhardt, C. Wemhöner, H.P. Eicher, M. Erb, H.R. Gabathuler, H. Mayer, G. Zweifel, M. Achermann, R. von Euw, U. Stöckli, P. Renaud: Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen, Teil 2: Grundlagen und Computersimulationen, BFE-Forschungsprogramm Umgebungswärme, WKK, Kälte, 2002.
Bestellung der schriftlichen Fassung unter der Projektnummer 78949 bei ENET, 9320 Arbon enet@temas.ch.
- [2] H.R. Gabathuler, H. Mayer, Th. Afjei: Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen, Teil 1: Planungshilfen (d oder f), BFE-Forschungsprogramm Umgebungswärme, WKK, Kälte, 2002.

Downloads beider Publikationen unter: www.waermepumpe.ch/fe.

Kontakt

Thomas Afjei, Prof. Dr. sc. techn. ETH
Dozent Gebäudetechnik
FHBB Institut für Energie
Fichtenhagstrasse 4
4132 Muttenz
t.afjei@fhbb.ch
www.fhbb.ch/energie

Thermoaktive Bauteilsysteme *tabs* mit PCM

M. Koschenz, B. Lehmann, EMPA Abt. Energiesysteme/Haustechnik

Zur Reduktion des Bedarfs fossiler Energieträger werden heute vermehrt Technologien eingesetzt, welche die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zulassen. Da deren zeitliche Verfügbarkeit nicht immer mit der Nachfrage übereinstimmt, muss die Energie zwischengespeichert werden. Ein geeigneter Energiespeicher kann die in jedem Gebäude vorhandene Gebäudestruktur sein. Am Tag wird diese Betonstruktur durch die Wärmeabgabe verschiedener Wärmequellen wie z.B. von Personen, Apparate, Beleuchtung und solare Gewinnen aufgewärmt. Nachts wird diese dann mittels den einbetonierten, wasser-durchflossenen Kunststoffrohren wieder auf die Ausgangstemperatur abgekühlt. Dieses System ist heute sehr verbreitet und unter dem Namen "Thermoaktives Bauteilsystem *tabs*" bekannt. Fehlt nun diese thermisch aktivierbare Masse, muss ein Speicher zur Verfügung gestellt werden. An der EMPA wurde ein System entwickelt, bei dem die fehlende Speichermasse in einem Deckenelement mit geringer Aufbauhöhe integriert ist. Möglich wurde dies mit dem Einsatz von Latentspeichermaterialien.

Das Einbringen von Kunststoffrohren in die Betonstruktur ist in Neubauten einfach und kostengünstig möglich. Bei Umbauten, welche zunehmend den grösseren Anteil der Bautätigkeit ausmachen, ist das beschriebene Konzept aber nur schwer zu verwirklichen. Zusätzlich werden in bestehenden Gebäuden deckennahe Installationen meist mit einer abgehängten Decke kaschiert. Dadurch wird der Wärmeaustausch zwischen den Wärmequellen und der Gebäudestruktur, also dem eigentlichen Energiespeicher, stark vermindert.

Einsatz von Phasenwechselmaterial

Unter Berücksichtigung der oben genannten Gründe wurde ein thermoaktives Deckenelement für Um- und Leichtbauten entwickelt. Im Vordergrund der Entwicklung stand eine geringe Aufbauhöhe bei gleichzeitig genügend hoher Speicherfähigkeit des Deckenelementes. Um dies zu erreichen wurden Phasenwechselmaterialien, im englischen Phase Change Materials (PCM) genannt, eingesetzt. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass nicht nur die sensible Wärme sondern auch die Schmelzwärme des Materials genutzt werden kann. Dabei wird das Material so ausgelegt, dass es einen Schmelzbereich bei Raumtemperatur aufweist. Mit diesem Konzept kann mit einer PCM-Schicht von ca. 1 cm die gleiche Speicherfähigkeit wie bei einer Betonschicht von ca.

einem Anteil des PCM von 40 % ergibt sich eine Bauteildicke des Elements von ca. 5 cm, bei einer gleichzeitigen thermischen Speicherfähigkeit einer 20 cm dicken Betonplatte. In einem weiteren Schritt wurde das mit Computersimulationen optimierte Modell in einen ersten Prototypen überführt und in zahlreichen Laborversuchen ausgemessen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Labormessungen gut mit den theoretischen Berechnungen übereinstimmen. Die Speicherfähigkeit des Deckenelements beträgt, unter den üblichen Bedingungen für Büroanwendungen, ca. 300 Wh/m². Basierend auf dem optimierten Prototypenelement wurden Decken

<i>tabs</i> -Typ	konventionell	mit PCM
Speichermaterial	Beton	reines Paraffin
Bauteilstärke	25 cm	2.3 cm
Dichte	2400 kg/m ³	900 kg/m ³
Spezifische Wärmekapazität	1.1 kJ/kgK	variabel
Zulässige Erwärmung pro Tag	3 K	3 K
Schmelzwärme im Intervall von 3 K	-	95 kJ/kg
Speicherenergie	1980 kJ/m²	1980 kJ/m²

Tab. 1: Bauteilstärken mit gleichem Energieinhalt für Beton und Paraffin

10 cm erreicht werden. Basierend auf diesen Ausgangsdaten wurde computergestützt ein erstes Modell eines solchen Deckenelementes entwickelt. Als Rohrsystem werden Kapillarrohrmatten mit einem Rohrdurchmesser von 3 mm und einem Rohrabstand von 20 mm verwendet. Da PCM auf Paraffinbasis eine erhöhte Brennbarkeit aufweist, wurde das Paraffin in mikrogekapselter Form in eine Gipsschicht, welche feuerhemmend wirkt, integriert. Bei

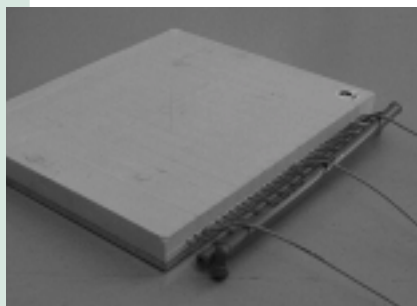


Fig. 1: Prototyp eines 0.25 m² grossen Deckenelementes, Bild: EMPA

module für eine erste Pilotanwendung hergestellt.

Problematik bei Retrofit und Leichtbau

Da heutzutage bei kommerziellen Bauten ein grosser und zunehmender Anteil der Bautätigkeit auf Umbauten und Sanierungen ("Retrofit") entfällt, ist es auf Grund der erwiesenen Vorteile naheliegend, thermoaktive Bauteilsysteme auch in diesem Bereich einzusetzen.

*tabs*Retrofit

Das Prinzip von *tabs*Retrofit beruht nun darauf, dass das PCM unter Einwirkung der Wärmelasten während des Tages geschmolzen und durch Abkühlen mittels des integrierten Rohrsystems während der Nacht wieder erstarrt wird. Durch die Zwischenspeicherung der Energie im PCM wird die Temperaturamplitude im Gebäude gedämpft. Damit erreicht man die gleiche Wirkung wie bei *tabs* mit massiven Bauteilen.

PCM für *tabsRetrofit*

Untersuchungen zu möglichen Einbringungsvarianten von PCM in die Deckenelemente haben gezeigt, dass die Verwendung von reinem PCM schwierig ist. Um den Austritt von flüssigem Paraffin zu verhindern, müssten in diesem Fall erhöhte Anforderungen an den Brandschutz gestellt werden.

Als Alternative wird mikrogekapseltes Paraffin verwendet, welches in ein geeignetes Trägermaterial – in diesem Fall Gips – eingebracht wird.

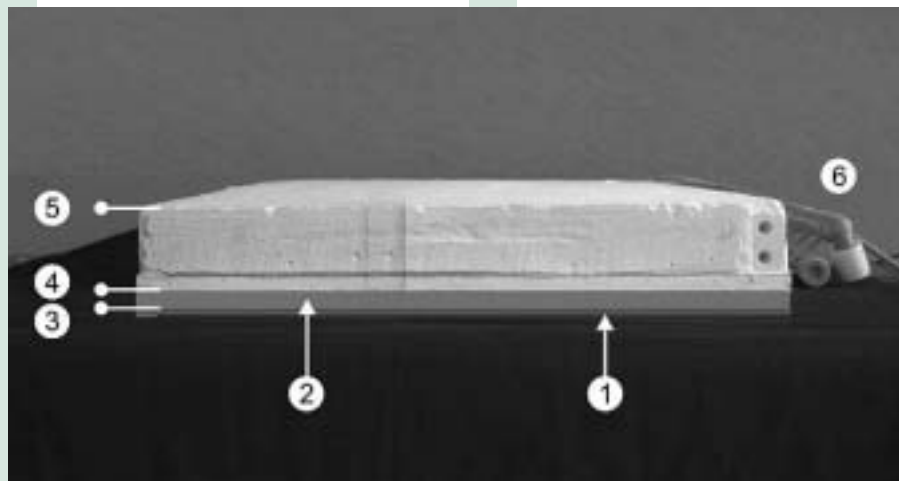
Die Mikroverkapselung von Paraffinen bietet den Vorteil, dass kleinste Mengen des Phasenwechselmaterials auch bei häufiger zyklischer Belastung dauerhaft in den Kapseln eingeschlossen bleibt. Die Kunststoffkapseln weisen einen Durchmesser von ungefähr 10 µm auf und werden mittels In-Situ-Synthese aus einer Wasser-Paraffin-Lösung hergestellt. Die BASF betreibt Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Mikroverkapselung [5] und hat auf die spezifischen Bedürfnisse des Projektes angepasste Kapseldispersionen produziert.

Prototyp *tabsRetrofit*

Das Konzept für die Deckenelemente basiert auf dem folgenden Aufbau: Eine Wanne aus Stahlblech dient als Behälter für die Aufnahme der PCM-Gips-Masse und verleiht den Elementen die notwendige Eigenstabilität. In diese Wanne wird ein Gemisch aus 30-40 % mikrogekapseltem PCM und 60-70 % Gips eingegossen. Zur Bewirtschaftung der thermischen Speichermasse dient eine in die Gipsmasse einge-



Fig. 2: Wärmeleitlamellen aus Aluminium vor dem Giessen des Komposits. Bild: TRANSSOLAR



Figur 3: Aufbau für die Laborversuche mit den *tabsRetrofit* Deckenelementen: 1: elektrische Heizmatte; 2: Neoprenschiicht simuliert Wärmeübergang von Raum zum bauteil; 3, 4, 5: Temperaturfühler; 6: Sammelstücke zu Kapillarrohmatte

lassene Kapillarrohmatte. Ein entsprechender Prototyp für die Verwendung in den thermischen Laborversuchen ist in Fig. 3 abgebildet.

Das System wurde in einer allgemeinen Form international zum Patent angemeldet.

Umsetzung – Pilotanwendung

Aufgrund des im Labor und mittels Simulationsberechnungen erbrachten Nachweises der thermischen Funktionsfähigkeit konnte die Detailplanung für die Pilotanwendung im Verwaltungsneubau des Ludwigshafener Wohnungsunternehmens (LUWOG/GEWOG der BASF AG) in Angriff genommen werden. Dies umfasste vor allem die konstruktive Entwicklung sowie die Herstellung der Elemente für den Einbau an der Decke der 200 m² grossen Ausstellungshalle durch TRANSSOLAR und LINDNER.

Ausblick

Paraffin weist eine erhöhte Brennbarkeit auf. Dies kann im Brandfall negative Auswirkungen auf den Brandverlauf haben. Durch die Mikroverkapselung des PCM, dessen Einbindung in den Gips und die Abkapselung mittels eines Kastens aus Stahlblech wird zwar ein Feuerwiderstand erreicht, doch muss die Brand-sicherheit für eine breite Anwendungsgauglichkeit noch verbessert

werden. In einem Folgeprojekt sollen deshalb geeignete Brandschutzmassnahmen evaluiert und mittels Brandversuchen überprüft werden.

Literatur

- [1] Koschenz, M., Lehmann, B. 2000. "Thermoaktive Bauteilsysteme *tabs*", ISBN 3-905594-19-6
- [2] 2000. "TRNSYS 15 Transient System Simulation Program", SEL, University of Wisconsin USA, TRANSSOLAR, Stuttgart
- [3] Schossig, P. et al. 2001. "Mikroverkapselte Phasenwechselmaterialien in Wandverbundsystemen zur Komfortsteigerung und Energieeinsparung", Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
- [4] Projektinfo 06/2002, "Latentwärmespeicher in Baustoffen", BINE Informationsdienst, Karlsruhe
- [5] Jahns, E. 1999, "Microencapsulated Phase Change Material", IEA Annex 10, 4th Workshop

Kontakt

Markus Koschenz
Leiter Abteilung Energiesysteme/
Haustechnik
markus.koschenz@empa.ch
Beat Lehmann
Abteilung Energiesysteme/Haus-
technik
beat.lehmann@empa.ch

VIP - Very Important Progress?

Hans Simmler, EMPA Abt. Bauphysik

Vakuumisulationspaneele (VIP) haben im Vergleich zu konventionellen Wärmedämmstoffen eine etwa um den Faktor 5-10 tiefere Wärmeleitfähigkeit. Dadurch sind neue konstruktive Lösungen im Niedrigenergie- und Sanierungsbereich möglich. Obwohl bereits verschiedene Produkte auf dem Markt sind, ist die VIP-Anwendung im Baubereich noch mit grossen Unsicherheiten und Risiken behaftet. Den Anwender interessiert dabei die effektive Gebrauchstauglichkeit. Wie zuverlässig ist das Wärmedämmsystem aus Folie und Kernmaterial bezüglich der Alterung? Wie gross ist der Schaden bei einem Leck in der Folie? Gibt es Möglichkeiten zur Reduktion dieser Risiken? Bauherren, Planer, Behörden und Hersteller sind dringend auf solche Informationen angewiesen. Die EMPA leistet wichtige Arbeiten zur Beantwortung dieser Fragen.

Von der Internationalen Energieagentur IEA ist der Annex 39 „High Performance Thermal Insulation Materials for Buildings“ mit 3 Teilprojekten gestartet worden:

Die EMPA untersucht in Teilprojekt A die Qualität und die Lebensdauer von VIP mit folgenden Ziele:

- Definieren und Anwenden von VIP-Qualitätsprüfverfahren.
- Entwickeln und Verifizieren von (beschleunigten) Alterungsverfahren und Untersuchung des Langzeitverhaltens.
- Erarbeiten von experimentellen und statistischen Verfahren zur Beurteilung der Zuverlässigkeit und zur Lebensdauerprognose.
- Optimieren von Produkteigenschaften in Zusammenarbeit mit Herstellern.

In Teilprojekt B werden grundsätzliche anwendungstechnische Fragen im Zusammenhang mit dem Einsatz von VIP geklärt und thermisch-/hygrische Lastprofile der Paneele in verschiedenen Konstruktionsarten bestimmt. Diese Ergebnisse dienen als



Fig. 1: VIP-Paneele bestehend aus einem nanoporösen Kernmaterial und einer möglichst gasdichten Hüllfolie mit verschweissten Rändern.

Grundlage zur Lebensdauerprognose für eingebaute VIPs auf der Basis von Alterungsuntersuchungen im Labor.

Geklärt wurden bereits grundsätzliche wärmetechnische Fragen wie die Bestimmung linearer Randleitwerte von Stossfugen für verschiedene Hüllfolien und Schichtdicken.

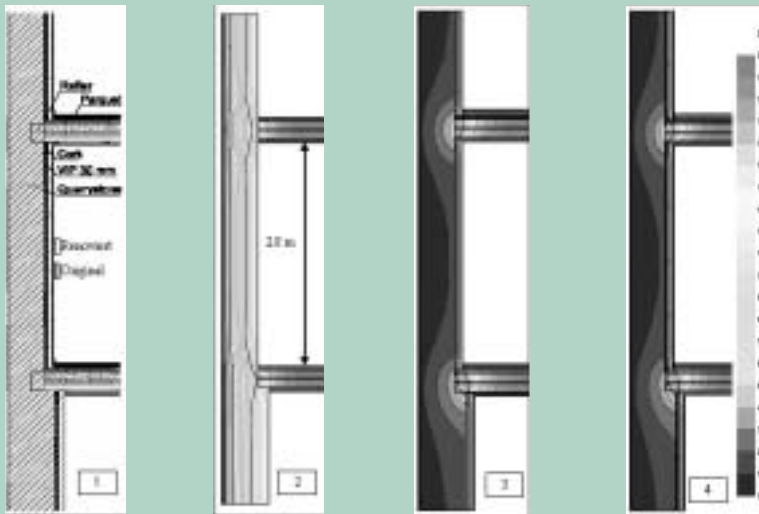


Fig. 2: Innendämmung einer Bruchsteinwand mit mittlerem U-Wert $< 0.2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Die Vernachlässigung der VIP-Randverluste ändert das Ergebnis um $< 10 \%$.

Daneben werden die Wärmedurchgangseigenschaften einzelner Konstruktionen numerisch untersucht.

Qualität und Lebensdauer

Die Zunahme des Innendrucks (Gasdiffusion, Beschädigung) ist ein kritischer Alterungseffekt für VIP. Für das normalerweise verwendete Kernmaterial, gepresste pyrogene Kieselsäure (SiO_2) mit Porengrössen im Be-

reich von $0.1 \mu\text{m}$, bleibt die Wärmeleitfähigkeit bis etwa 40 mbar unter $5 \text{ mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Die Wärmedämmwirkung eines VIP wird sich während eines Zeitraums von rund 40 Jahren nicht wesentlich verschlechtern, falls der Druckanstieg kleiner bleibt als etwa 1 mbar pro Jahr.

Erste Alterungsversuche bei verschiedenen Temperatur-/Feuchtebedingungen wurden an VIPs mit metallisierter Kunststoffolie durchgeführt. Diese Hüllfolien werden heute fast ausschliesslich eingesetzt, weil damit nur kleine Wärmebrücken an den Rändern entstehen.

In trockener Umgebung bei Umgebungstemperaturen bis etwa $30 \text{ }^\circ\text{C}$ kann bei Einbau und Dimensionen ab etwa $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ eine Lebensdauer im Bereich von 50 Jahren erwartet werden. Dies setzt selbstverständlich die Vermeidung von anderen Belastungen wie Schädigungen

beim Einbau sowie mechanische oder chemische Lasten im eingebauten Zustand voraus.

Wärmetechnische Eigenschaften

Ein Kernmaterial mit metallischer Hüllfolie ist grundsätzlich kein homogenes Material wie ein herkömmlicher Dämmstoff, sondern ein Bauteil mit Analogien zu einer Isolierverglasung. Hüllmaterialien auf Kunststoffbasis

sind weniger kritisch betreffend Wärmebrücken, weisen aber immer eine gewisse Gasdurchlässigkeit auf. Aus verschiedenen Berechnungen wurden sichere Werte bestimmt. Insbesondere beim Einsatz von Metallverbundfolien ergeben sich erhebliche Zuschläge.

Wird ein VIP in ein Bauteil mit gut leitenden Umschliessungsflächen eingebaut, können sich sehr grosse Wärmebrückeneffekte ergeben. Korrekte Ergebnisse für solche Bauteile sind nur durch detaillierte 3-dimensionale Berechnungen zu erhalten.

Bei grossflächiger Dämmung und VIP-Dimensionierung treten kleinere Randeffecte auf. Die Randzonen und Anschlüsse zu anderen Bauteilen sind jedoch bezüglich Luftleckagen und Oberflächentemperaturen (Kondensationsrisiko) besonders genau zu betrachten, da bei VIP-Konstruktionen extremere Bedingungen auftreten als bei herkömmlicher Wärmedämmung.

Kontakte

Dr. H. Simmler

hans.simmler@empa.ch

Dr. K. Ghazi Wakili

karim.ghazi@empa.ch

Dr. S. Brunner

samuel.brunner@empa.ch

R. Bundi

reto.bundi@empa.ch

alle EMPA, Abteilung Bauphysik

Impressum

Herausgeber: ZEN Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen, c/o EMPA, 8600 Dübendorf

Redaktion: Hans Bertschinger
Leitung: Mark Zimmermann

ZEN INFO 9: Dez. 2003, Aufl.: 500

Das ZEN INFO erscheint 2 mal jährlich. Interessenten wird es kostenlos zugestellt.

Handbuch der passiven Kühlung



neu und überarbeitet

Das Handbuch der passiven Kühlung von Mark Zimmermann wurde überarbeitet und vom Fraunhofer IRB Verlag neu herausgegeben.

Das Handbuch gibt dem Architekten und dem Klimaplaner Hinweise, wie passive Kühltechniken eingesetzt werden können.

Die Publikation ist im **Buchhandel** mit der ISBN-Nr. 3-8167-6267-0 erhältlich.

Schweizer Energiefachbuch 2004



„Das Haus ist der Mikrokosmos der globalen Klimapolitik. Wir können das Klimaziel, zu dem wir uns international verpflichtet haben, nur dann erreichen, wenn wir unser eigenes Haus so bereit stellen, dass es diesem Ziel dient“. Bundesrat Moritz Leuenberger.

Das dazu nötige Wissen, um innovative, energieeffiziente, nachhaltige Gebäude zu planen und zu bauen wird seit 21 Jahren einmal jährlich im „Schweizer Energiefachbuch“ zusammengetragen und aktuell und kompetent vermittelt.

270 Seiten Kompetenz

Preis: Fr. 61.-

bei Bestellung bis 30. 4. 2004: Fr. 56.-
im Abonnement: Fr. 51.-

Künzeler-Bachmann Medien AG,
Postfach 1162, 9001 St. Gallen
info@kbmedien.ch
www.kbmedien.ch

Haben Sie den 9./10. Sept. 2004
in Ihrer Agenda vorgemerkt?

13. Schweizerisches Status-Seminar 2004 Energie- und Umweltforschung im Bauwesen

call for papers

ETH Zürich, 9./10. September 2004

Das schweizerische Status-Seminar wird seit 1980 alle zwei Jahre durchgeführt. Diese Konferenz gibt einen Überblick über Schweizerische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Energienutzung und der Umwelttechnik im Hochbau. Es richtet sich an Bau- und Haustechnikfachleute sowie Umweltingenieure. Im Zentrum des Seminars stehen die Forschungsergebnisse und deren Bedeutung für die Anwendung.

Die Referate werden in Sessionen zu folgenden Schwerpunkten gehalten (provisorisch):

- **Energie**
Energiekonzepte
Bauphysik und Gebäudehülle
Tages- und Kunstlicht
Haustechnik Lüften
Haustechnik Kühlen/Heizen
Mess-/Demonstrationsgebäude
Planungswerkzeuge/-Instrumente
- **Umwelt**
Ökologisches Bauen
Ökobilanzen
Nachhaltige Gebäude
Nachhaltige Raumplanung
Pilot-/Demonstrationsgebäude
Planungswerkzeuge/-Instrumente

Die Anmeldekarte zum Einreichen von Konferenzbeiträgen liegt bei. Ein provisorisches Programm und eine Anmeldekarte für Teilnehmer wird mit dem nächsten ZEN INFO verschickt.