

Raumklimagestaltung in Museen

Teil 1: Möglichkeiten und Grenzen



In seinem Beitrag stellt Prof. (em.) Dr.-Ing. Achim Trogisch, HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau, LG TGA, die Möglichkeiten und Grenzen der passiven und aktiven Raumklimagestaltung speziell in Museen und sonstigen Ausstellungsstätten vor. Im ersten Teil des Beitrags wird die passive Raumklimagestaltung vorgestellt. Im zweiten Teil dann die Möglichkeiten aktiver Raumklimagestaltung. Dieser ist für die Ausgabe tab 1/24 geplant. Das umfangreiche Literaturverzeichnis ist online veröffentlicht und zu finden unter dem am Ende des Beitrags angegebenen Link bzw. QR-Code.

Prof. (em.) Dr.-Ing. Achim Trogisch, HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau, LG TGA



Bild: Pixabay

Bild 1: Die individuell angepasste Gestaltung des Raumklimas in Museen ist von zentraler Bedeutung für den Erhalt der dort ausgestellten Kunst- und Kulturgüter.

Die passive und aktive Raumklimagestaltung in Museen und Ausstellungsräumen betrifft im Zusammenhang mit der sogenannten „präventiven Konservierung“ sowohl den Einfluss der Raumlufttemperatur und der Raumluftfeuchte auf die Raumschließungsstruktur und Raumausstattung als auch technische und bautechnische Möglichkeiten zur Beeinflussung des Raumklimas. Das bedeutet, dass die Umgebungsbedingungen für einen maximalen und dauerhaften Schutz und Erhalt der ausgestellten Objekte und Kunstwerke von zentraler Bedeutung sind. Oft ist es dabei möglich, mit einfachen Maßnahmen eine große Wirkung zur langfristigen Erhaltung der Objekte zu erzielen.

Die präventive Konservierung

Die Inhalte und Ziele der Betätigungsfelder der „präventiven Konservierung“ [1] werden nach [2] wie folgt beschrieben:

„Die Präventive Konservierung betrifft alle Fachbereiche der Restaurierung. Sie hat das Ziel, den Verfall zu verhindern oder zu verlangsamen, wobei nicht selbst in die Substanz eingegriffen wird, sondern Einfluss auf die Umgebungsbedingungen eines Kunstwerkes, kulturhistorisch wertvollen Gegenstandes oder Baudenkmal genommen wird. Die Präventive Konservierung dient primär der langfristigen Erhaltung von Kunstwerken und zielt darauf, Schäden bereits im Vorfeld zu vermeiden, bzw. das Schadensrisiko zu verringern. Dazu gehören die Kontrolle und Einflussnahme auf Klima, Licht, Schadstoffe, Materialemissionen und Schädlinge genauso wie die Etablierung von Sicherheitskon-

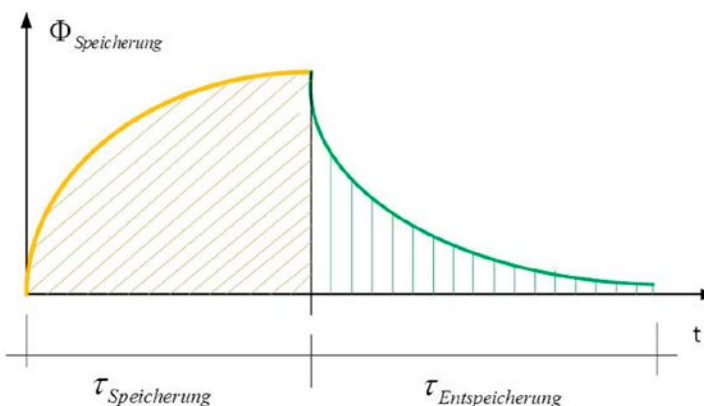


Bild: Trogisch

Bild 2: Vorgang der Speicherung und Entspeicherung Wärme/Feuchte.

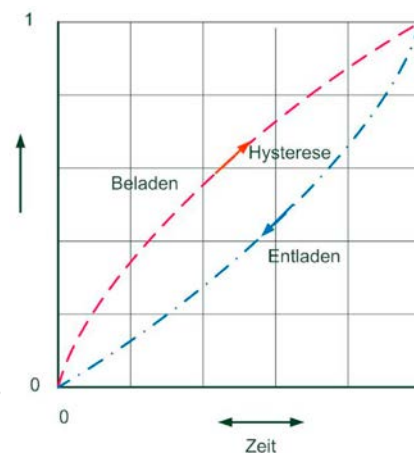


Bild: Trogisch

Bild 3: Vorgang der Hysterese beim Be- und Entladeprozess.

zepten (Einbruch/Brand), die Katastrophenplanung, Risikoabschätzung, Planung von Bauten, Vitrinen und Depots, die Pflege und Wartung von Kunst- und Kulturgut oder auch die Beschäftigung mit geeignetem Verpackungsmaterial.“

Passive Raumklimagestaltung

Die passive Raumklimagestaltung betrachtet sowohl das Gebäude als auch die einzelnen Räume und deren Raumumschließungskonstruktionen. Grundsätzlich sollte hier der Petzold'sche Bauklimatik-Lehrsatz berücksichtigt werden: „Erst klimagerecht bauen, dann bauwerksgerecht klimatisieren“.

Nachfolgend werden Möglichkeiten und Maßnahmen erläutert, die einerseits zur Sensibilisierung dienen können. Andererseits soll darauf hingewiesen werden, dass die thermischen und/oder hygrischen Einflüsse auf das Raumklima und das Speicherverhalten, die in Museen von hoher Bedeutung sind, zum Teil komplex sein können. Mit vorhandenen Simulationsprogrammen ist aber eine Bewertung heute möglich.

Bei Neubauten sollten generell unter anderem folgende Regeln berücksichtigt und eingehalten werden: Das Gebäudeenergiegesetz GEG [3], die Forderungen nach DIN 15757 [4], raumklimatische Aspekte nach DIN EN 16798 Teil 1 [5] und VDI/WTA 3817 Blatt 1 bis 4 [6]. Bestandsgebäude, insbesondere denkmalgeschützte Gebäude, können diese Forderungen aber oft nur mit Einschränkungen erfüllen.

Einflüsse der Raumflächen auf das Raumklima

Über die Gestaltung der Raumumschließungskonstruktion, besonders durch entsprechende Oberflächenmaterialien, ist es möglich, Änderungen der Raumlufttemperatur und/oder der Raumluftfeuchte zu beeinflussen. Dies kann durch eine Speicherung und Entspeicherung von Wärme oder Feuchtigkeit in den Oberflächenmaterialien erfolgen. Diese Vorgänge sind eine Funktion der Zeit. Sie verlaufen aber nicht linear, sondern exponentiell (Bild 2) oder der Verlauf zwischen Be- und Entladen ist eine Hysterese (Bild 3).

Bei diesen Vorgängen spielt die Belastungszeit, also die Zeitspanne der Be- und Entladung, eine entscheidende Rolle. Es wird deutlich, dass bei geringen Belastungszeitänderungen

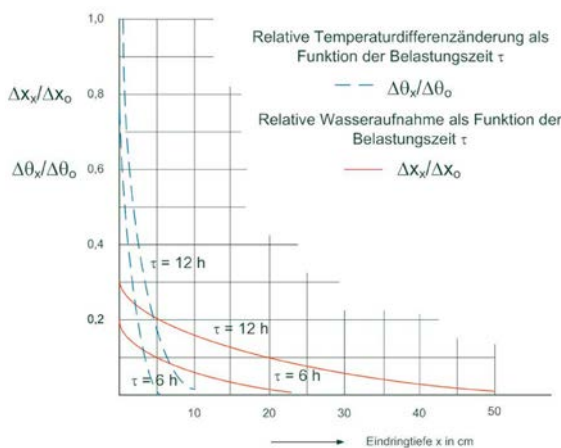


Bild: Trogisch

Bild 4: Einfluss der Belastungszeit [7].

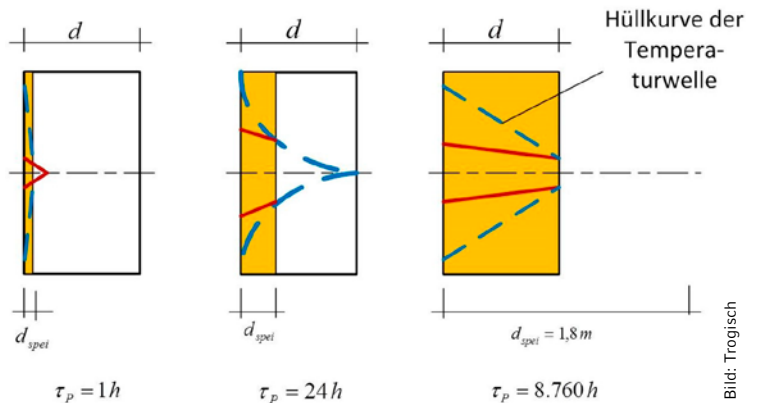


Bild: Trogisch

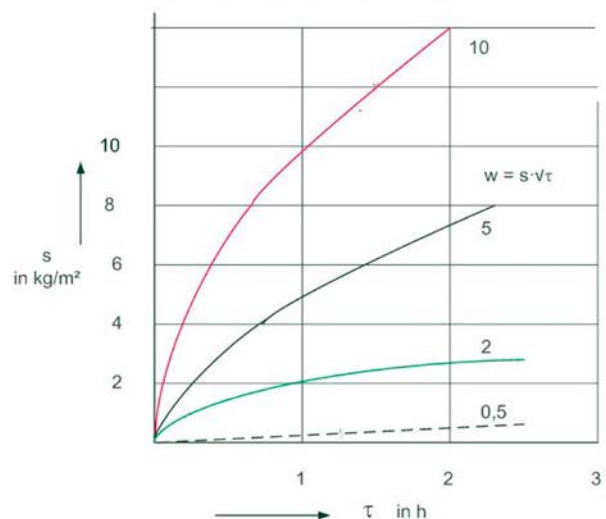
Bild 5: Beispiele für die speicherwirksame Schicht in Abhängigkeit von der Dauer des Einflusses [7].

Bauart	B W/(m²·K)	Beispiele		
		Wände	Decke/ Deckenkonstruktion	Fußbodenaufbau
gut speichernd	12 (8 .. 15)	$\rho > 1.600 \text{ kg/m}^3$ (Beton, Ziegelmauerwerk) $\chi > 15 \text{ cm}$	$m > 200 \text{ kg/m}^2$ (unverkleidet)	Beton, Parkett oder PVC auf Beton
mäßig speichernd	5 (3...7)	$\rho > 1.600 \text{ kg/m}^3$ (Beton, Ziegelmauerwerk) mit Dämmstoffen oder ähnlichem verkleidet	$m > 200 \text{ kg/m}^2$ mit Dämmstoffen verkleidet oder abgehängte Decke	Beton, Parkett oder PVC auf Beton
		$\rho < 1.600 \text{ kg/m}^3$ (Beton, Ziegelmauerwerk)	$m < 200 \text{ kg/m}^2$	Beton, Parkett oder PVC auf Beton
		$m < 120 \text{ kg/m}^2$ (Leichtbauplatten)	$m < 120 \text{ kg/m}^2$	$\rho > 1.600 \text{ kg/m}^3$ $\chi > 15 \text{ cm}$ (Beton, Klinker o.Ä.)
schlecht speichernd	2 (<3)	$m < 120 \text{ kg/m}^2$ (Leichtbauplatten)	$m < 120 \text{ kg/m}^2$ (Leichtbauplatten)	$m < 120 \text{ kg/m}^2$ (Leichtbauplatten)

Tabell: Trogisch

Tabelle 1: Orientierungswerte zum Speicherverhalten von Baustoffen [7].

Wasseraufnahme verschiedener Baustoffe in Abhängigkeit der Einwirkzeit tau



	w in $\text{kg/m}^2(\text{h})^{0.5}$
Beschichtung (Polymere, Silikon)	0,15 (0,05 ... 0,20)
Putz (Zement)	2 (1 ... 3)
Ziegel, Porenbeton, Sandstein	5 (4 ... 8)
Kalkzementputz, Röhthener Sandstein, Lochporenbeton, unbehandelter Gips	10 (8 ... 14)

Bild: Trogisch

Bild 6: Wasseraufnahme verschiedener Baustoffe [7].

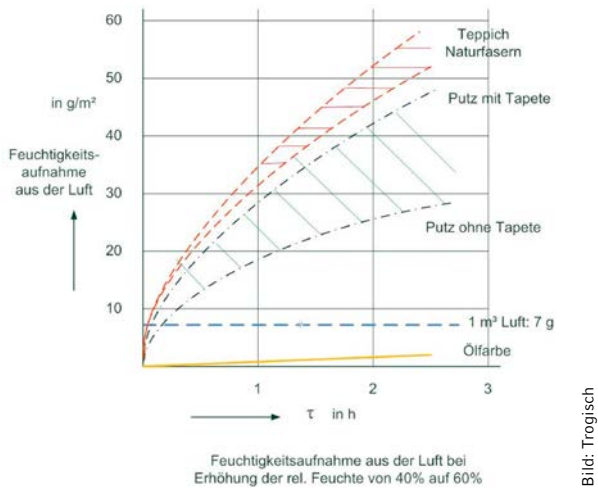


Bild: Trogisch

Bild 7: Feuchtigkeitsaufnahme von Baustoffen aus der Luft [7].

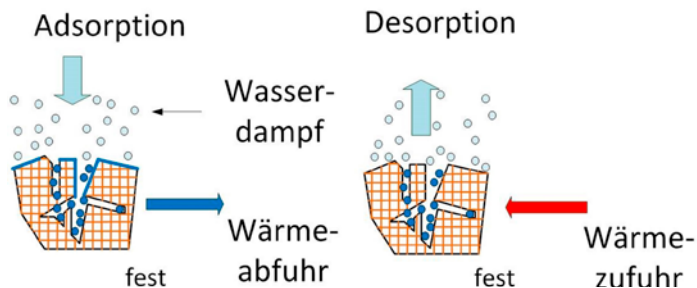


Bild 8: Prinzipskizze zur Adsorption und Desorption von Wasserdampf an Flächen [7].

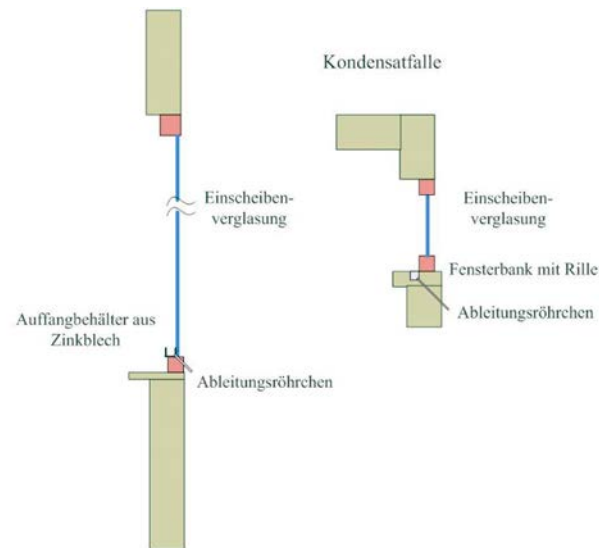


Bild: Trogisch

Bild 9: Prinzipskizze zur Kondensaterfassung.

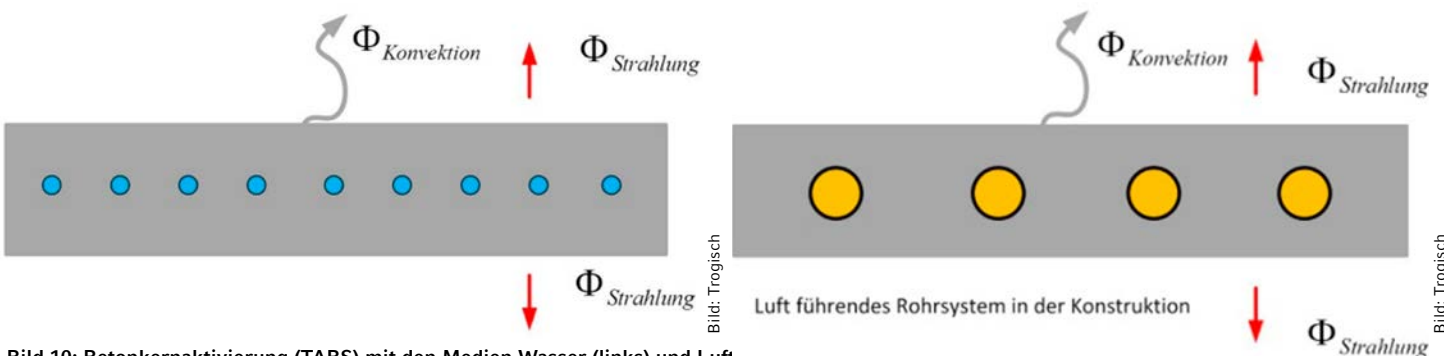


Bild: Trogisch

Bild: Trogisch

Bild 10: Betonkernaktivierung (TABS) mit den Medien Wasser (links) und Luft

die Speichervorgänge im Allgemeinen nur in einer geringen Schichtdicke der Oberflächenmaterialien vorstattengehen (Bild 4).

Das Einstellen einer Temperaturänderung in einem Bauteil ist abhängig vom Baustoff und dessen Temperaturleitwert a bzw. dem Wärmeeindringkoeffizienten b (Funktion der Zeit bzw. Periodendauer). Die Tiefe wird als speicherwirksame Schicht bezeichnet (Bild 5).

Das Speicherverhalten wird nach Petzold [7] durch das Wärmeeindringvermögen B als Funktion der anrechenbaren Bauwerksmasse charakterisiert und in drei Kategorien eingeteilt (Tabelle 1).

Bei einer Periodendauer von 24 h bei der Schwingung der Raumlufttemperatur mit einer Amplitude von 8 K (entspricht der Schwankung der Außenlufttemperatur unter sommerlichen Bedingungen) kann gemäß Tabelle 1 bei einer gut speichernden Kategorie mit einer speicherwirksamen Dicke von 5 bis 8 cm und bei einer schlecht speichernden Kategorie von 0,5 bis 1 cm gerechnet werden. Wie die Bilder 6 und 7 zeigen, ist auch die Feuchtigkeitsaufnahme eine Funktion der Einwirkzeit und von Materialeigenschaften (Baustoffe, Einrichtungsmaterialien).

Kompensation von Feuchtespitzen

Um unerwünschte Feuchtigkeitsspitzen in der Raumluft kompensieren zu können, ist es empfehlenswert, an den Oberflächen der Raumschließkonstruktionen (Wände, Fußboden) Materialien einzusetzen, die ein gutes Wasseraufnahmevermögen (Adsorption) aufweisen (Bilder 7 und 8). Durch eine Erwärmung des Raums erfolgt dann zeitversetzt wieder eine Desorption der Feuchte aus dem Bauteil.

Positive Erfahrungen dazu liegen z. B. in der Gemädegalerie Alte Meister in Dresden mit einer Stoffbespannung vor (sowohl seit der Eröffnung in den 50er Jahren als auch nach den zwei folgenden Sanierungen). Auch bei der Rekonstruktion der Neuen National Galerie in Berlin wurde aus Gründen der Feuchtekontrolle wieder auf einen textilen Bodenbelag zurückgegriffen. Zu beachten ist dabei die Brandlast (schwer entflammbar).

Um Feuchtigkeitsspitzen in historischen Gebäuden, die als Museen genutzt werden und meist über eine Einfachverglasung der Fenster verfügen (auch Kirchen), kompensieren zu können, können besonders im Winter historische bewährte Lösungen eingesetzt werden. Auftretendes Kondensat an Fenstern wurde über eine Wannenkonstruktion auf der Fensterbank und einem Röhrchen nach außen geführt. Diese Lösung wurde auch bei der Rekonstruktion der Neuen National Galerie in Berlin in ähnlicher Form angewendet, aber ohne Ableitung des Kondensats nach außen.

Eine weitere bewährte Möglichkeit der Kompensation von Feuchtespitzen ist die Realisierung des Prinzips der „Kondensatfalle“ (eine kleine Öffnung mit Einfachverglasung unterhalb der Decke, Bild 9 rechts).

Einsatz thermoaktiver Bauteile

Eine bautechnische Lösung zur Gewährleistung eines relativ konstanten Schwankungsbereichs der Temperatur der Raumumschließungsstruktur stellen die thermoaktiven Bauteilsysteme (TABS) mit großer Speicherfähigkeit dar. Dies wurde in Museen in Österreich realisiert [9]. Die Raumkühlung und Raumheizung über Bauteile mit integrierten Rohrregistern wird als TABS-Verfahren bezeichnet, sofern die Rohre in der Decke oder in Wänden eine hinreichend große Betonüber- bzw. Unterdeckung aufweisen. Dabei liegen die Rohre in der sogenannten neutralen Zone (Bild 10). Bei dieser Lösung wurde jedoch die Problematik der Feuchte nicht explizit betrachtet.

Einsatz von PCM-Materialien

Eine weitere Möglichkeit, die thermische Speicherfähigkeit der Raumumschließungsflächen zu erhöhen, ist der Einsatz von PCM (Phase Change Materials). Diese sind Materialien, die in einem bestimmten Temperaturbereich einen Phasenwechsel flüssig - fest durchlaufen und dabei Wärme aufnehmen oder beim Erstarren wieder abgeben (Bilder 11 und 12).

Der interessante Bereich liegt bei einer Temperatur für den Phasenübergang von fest zu flüssig bei 20 °C bis 22 °C. Zurzeit stehen PCM in gekapselter oder als Verbundmaterial zur Verfügung. Der technische Einsatz ist möglich, wobei eine Wirtschaftlichkeit aber derzeit noch kaum gegeben ist. Beispiele für PCM zeigt die Bild 13.

Teil 2 des Beitrags von Prof. Trogisch, **Aktive Raumklimagegestaltung**, erscheint in der tab 1/24. Zum Literaturverzeichnis geht es über diesen Link www.t1p.de/tab-12-23-MuseumKlima bzw. den nebenstehenden QR-Code.

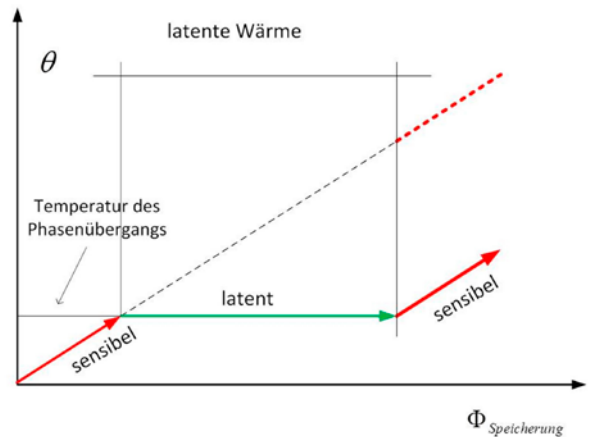


Bild 11: PCM – Wärmespeicherung durch sensible und latente Wärme.

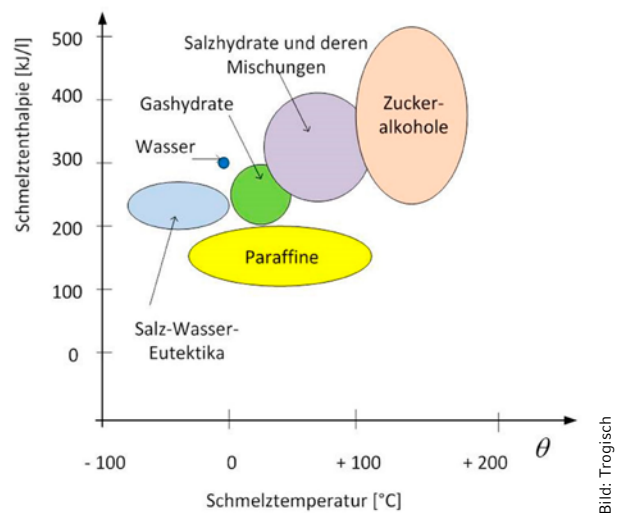


Bild 12: Verschiedene Arten von PCM und deren Eigenschaften [7].

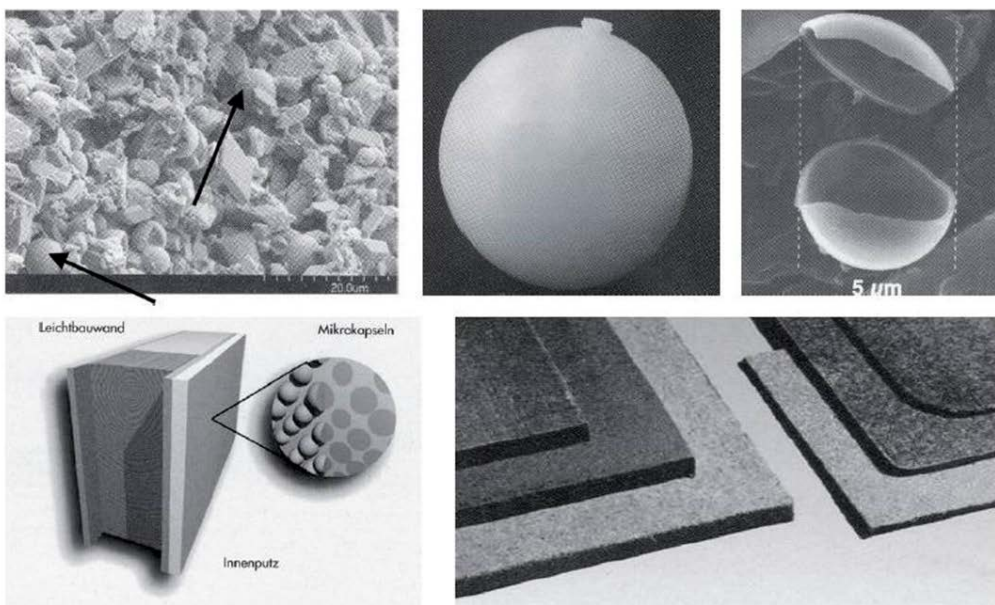


Bild 13: Verschiedene Einsatzmöglichkeiten von PCM: in Gipsputzen (o. links), in Makroverkapselform in Kunststoffkugeln (oben Mitte und in Vergrößerung oben rechts), mikroverkapselte PCM in Innenputzen (unten links) und eine Faserplatte mit PCM (unten rechts) [7].