

Quentin Wilson¹, Kirk Higbee-Barzola², Bristol Stickney³,
Dr Gerald Friedman⁴

¹ Northern New Mexico College, Sante Fe, ² Arizona State University, Phoenix ³ SolarLogic LLC,
Sante Fe ⁴ Sante Fe Community College, USA

Von der Wärmeaufnahmekapazität zur Widerstandsfähigkeit

Man sagt in Neu-Mexico, dass Adobe Häuser im Winter warm und im Sommer kühl sind. Als Adobe in den Bauregeln und -standards der Stadtverwaltungen, sowie im Staat New Mexico mit einbezogen wurde in den Endfünfzigern und frühen Sechzigern des vergangenen Jahrhunderts, hinterfragte man diese einfache Feststellung. Es wurden Energiekonservierungsvorschriften entwickelt und 1976 im Teil 53 der einheitlichen Bauregeln (Uniform Building Code) in Neu-Mexico eingeführt. Dieses Energiekapitel basiert auf dem Standard 90-75 der Gesellschaft für Heizungs-, Kühlungs- und Klimatisierungsingenieure (ASHRAE). Plötzlich wurde der ASHRAE Wert von $U=1.36 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ($0.240 \text{ BTU/hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}$) für eine 25 cm dicke Wand zugrunde gelegt zum Berechnen des winterlichen Wärmeverlustes in Adobe Häusern. Die o.e. volkstümliche Feststellung wurde als Hirngespinnst abgetan.¹ Und es wurde schwierig mit den vorgegebenen Energievorschriften Baugenehmigungen einzuhalten für die Verwendung von Adobe. Der Nachbarstaat Arizona hat sogar das Bauen mit Adobe zwei Jahre lang verboten. Der „ASHRAE“ Wert wurde in einem konstanten Labortest bestimmt.

Für viele von uns, die in Häusern aus Adobe gut lebten, war das nicht in Ordnung. In Neu-Mexico sind beständige Verhältnisse eher selten aufgrund der Fluktuationen in der Winter Temperatur und der Sonneneinstrahlung. Auf nationaler Ebene begann die staatliche Energieabteilung (DOE) mit dem thermischen Massenprogramm. Forschungen dafür wurden im nationalen Standardbüro (NBS) in Maryland und im Oak Ridge Nationallabor (ORNL) in Tennessee finanziert.² Glücklicherweise sah man im Neu-Mexiko DOE ein, dass es möglicherweise andere Wege gibt beim Vergleich verschiedener Baustoffe und unterstützte einige wichtige Untersuchungen. So erschien „Effektive U-Werte – eine neue Methode zur Voraus-

sage des durchschnittlichen Energieverbrauchs zum Heizen von Häusern“ von Wybe van der Meer et al.³ Außerdem erschien die Southwest Thermal Mass Studie im Tesuque Pueblo, Neu Mexiko (SWTMS) unter der Leitung von John Gustinis und David. K. Robertson der NMEI von der New Mexico Universität. Bristol Stickney war dabei der Daten Techniker. Effektive U-Werte wurden in einer Kombination von experimentellen Bau- und Computermodellen angewendet und an realen Gebäuden überprüft. Sie wurden tabellarisch in verschiedenen Klimazonen dargestellt für unterschiedliche Wandkonstruktionen und Gestaltungen. Die Ergebnisse wurden danach in drei Phasen in der Studie veröffentlicht.⁴

1981 schrieb David K. Robertson vom Neu-Mexico Energie Institut den endgültigen Bericht mit dem Titel „Erweiterte Revision der U-Werte: Für lichtundurchlässige Wandteile, Verglasungen und passive Solarwände“.⁵ Obgleich andere Veröffentlichungen Neu-Mexico in elf Klimazonen unterteilt hatten, wurden in diesem Bericht vier Zonen genannt. Wegen finanzieller und einsichtiger Unterstützung durch die Energieabteilung NM wurden die effektiven U-Werte 1978 in die Energieerhaltungsvorschriften Neu-Mexicos und ihre Anwendungen mit eingeschlossen. Die Energiekrise in den Jahren 1972/73 war in den Köpfen der Menschen immer noch gegenwärtig, und Regierungsbeauftragte wollten die Energiesicherung zu einem leicht durchsetzbaren Gesetz machen. Der demokratische Gouverneur Jerry Apodaca unterstützte alle Schritte, die zur Reduzierung des Energieverbrauchs führten. Der Staat Neu-Mexiko vergab mindestens US \$ 1.3 Millionen Zuschüsse an verschiedene Agenturen, die zur Schaffung der Vorschriften und ihrer Anwendungen mit beigetragen haben. Die neue Vorschrift war so nicht nur eine gute Idee (in der Energie Krise), sondern auch zum Gesetz geworden.⁶

Adobe Häuser konnten jetzt auf dreierlei Weise der Vorschrift Genüge tun: 1. Ein Haus einfach mit Adobe „einwickeln“ als Isolierung, um den vorgegebenen U-Wert von 0.298 W/m²·K (0.0520 BTU/hr·ft²·F) zu erreichen; 2. Kompromisse mit anderen Bauteilen eingehen wie mit super isolierten Dächern oder Fußböden, um weniger isolierte Wände auszugleichen; 3. Eine Wärmeverlust/Wärmegewinn Berechnung vom Haus durchführen, um zu zeigen, dass das Gebäude bessere oder gleiche Werte zeigt, wie das Modellhaus in der Energievorschrift.

Jemand, der die effektiven U-Werte-Tabellen liest, erhält große Mengen von Informationen. Die Tabellen sind nützliches Lehrmaterial. Wenn man die vielen Variationen der Gestaltungsmöglichkeiten erkennt, wird das den Entwurf von Adobe Häusern beeinflussen, vor allem solcher, die passive Solarenergie nutzen. In nördlichen Breiten ordnen die Designer rechteckige Gebäude in der Ost-West Richtung an, um die Südseite zu vergrößern. Die dann vielleicht auch mehrgeschossig gebaut wird im Vergleich zur Nordseite. Einige Bauten erhalten an der Nordseite „Speicherräume“ wie Garagen oder Vorratsräume, Kammern, Studios und Werkstätten, die keine Heizung benötigen, um den winterlichen Wärmeverlust an dieser Seite zu reduzieren. Die Nord und Süd Hauptausrichtungen sind in südlichen Breiten genau umgekehrt.

In Neu-Mexiko war es zur Routine geworden steife Polystyrol Isolierung besonders an den Nordwänden anzubringen oder Polyurethan auf zu spritzen, oft auch an den Ost- und Westwänden. Diese Isolierung wurde dann mit dreilagigem Zement/Kalk/Sand Stuck bedeckt. Das ist eine bekannte Methode in den südwestlichen amerikanischen Wüstenstaaten. Die Technik ist in gewisser Hinsicht verblüffend und wohl auch abschreckend für Traditionalisten, die die Verwendung von „modernem“, petrochemischem Material

auf natürlichem Baustoff wie Lehm nicht akzeptieren. Es ist eine pragmatische Methode für die erforderliche Energiekonservierung. Und es ist auch klar, dass eine solche Praxis Gebäude hervorbringt, die weniger Energie benötigen für die Heizung und Kühlung und gleichzeitig einen höheren menschlichen Komfortgrad erzielen. Die Vereinigten Staaten hinken anderen Ländern hinterher, in denen Isoliermaterialien aus natürlichen Stoffen hergestellt werden: aus Stroh, Schilf, Baumwolle und Kork. Einige amerikanische Unternehmen haben in den vergangenen zwei Dekaden gepresste Strohplatten produziert, aber es nicht fertig gebracht diese zu vermarkten.

„Effektive U-Werte sind besonders nützlich, weil sie die festgelegten U-Werte in den Vorschriften einfach ersetzen. So ergibt sich keine Notwendigkeit die Methodik der Anwendung der Vorschriften zu ändern“⁷

Obwohl die Verwendung effektiver U-Werte einfach ist, so mussten doch Architekten, Planer und Bauprüfer in der Anwendung der Vorschriften unterrichtet werden. Mit der Zeit nahm aber ihr „Zugrundelegen“ ab. Die Neu-Mexiko Baukonstruktionsabteilung (Construction Industries Division) ermutigt heute Bauantragsteller einen Abschnitt der „International Energy Conservation Code“ von 2009 zu benutzen zum Vorteil von Adobe im Vergleich mit den festgelegten Werten, allerdings werden darin die Klimazonen, Gestaltung und Farbgebung nicht berücksichtigt.⁸ So wurde ein Unterstützen des Baus hochwertiger Adobewände mit effektiven U-Werten heutzutage nahezu vergessen. Wenn Neu-Mexiko die 2015 International Energy Conservation Vorschriften ohne Ergänzungen akzeptiert, werden die Tabellen mit den effektiven U-Werten verschwinden. Und das trotz reichlicher Forschung, digitaler Nachweisführung und politischem Einsatz die Information in der Vorschrift einzubringen nach achtunddreißig Jahren erfolgreicher und vorteilhafter Nutzung.

Tabelle 1 Klimatische Regionen in Neu-Mexiko und entsprechende Zonen weltweit⁹

Region	Heizgradtage in °C (°F)	Hohe durch. Jan Temperatur	Mittlere durch. Jan Temperatur	Niedrige durch. Jan Temperatur
1 (Nord/Zentral Neu-Mexiko)	4000 bis 5000 (7200 bis 9200)	3°C (37°F)	-6°C (21°F)	-14°C (6°F)
2 (Nördliches Drittel ohne Region 1)	3000 bis 4000 (5400 bis 7200)	8°C (46°F)	-1°C (31°F)	-9°C (16°F)
3 (Zentral)	2000 bis 3000 (3600 bis 5400)	12°C (53°F)	4°C (39°F)	-4°C (25°F)
4 (Südliches Viertel)	1000 bis 2000 (1800 bis 3600)	14°C (57°F)	6°C (42°F)	-3°C (26°F)

Information

U-Werte werden benutzt, um den Wärmefluss durch einen Baustoff zu berechnen. Im festgelegten Test, $U=Q/A(\Delta T)t$, in ist „Q“ die Wärmemenge ist, die durch den Wandteil „A“ im Zeitraum „t“ fließt bei einem Temperaturunterschied von „ΔT“ zwischen beiden Wandseiten. Der effektive U-Wert wird auf gleiche Weise bestimmt, nur ist „Q“ hier der gesamte Wärmefluss in mehreren Tagen, wenn die Außentemperatur, die Sonneneinstrahlung usw. fluktuieren. Deshalb passen effektive U-Werte besser in die Gleichung $= UA(\Delta T)t$. Je niedriger der U-Wert, desto besser die Isolierung.

Tabellen mit effektiven U-Werten sind hier für vier Wandstrukturen aufgeführt: 25 cm dicke Wände mit und ohne 5 cm steifer Polystyrol Isolierung und 35 cm dicke Wände mit und ohne 5 cm steifer Polystyrol Isolierung. Jede der Tabellen 2 – 4 zeigt die Ergebnisse für vier Regionen Neu-Mexikos:

Die Tabellen wären weltweit nützlich überall dort, wo erheblicher Heizungsbedarf besteht: in Regionen mit zwischen 1000 und 5000 Heizgradtage Celsius (1800 und 9000 Heizgradtage Fahrenheit), großen

Wandtyp 1

10" Adobe, ohne Isolierung

festgesetzter ASHRAE U-Wert

$$= 1.36 \frac{W}{m^2 \cdot K} = 0.240 \frac{BTU}{hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

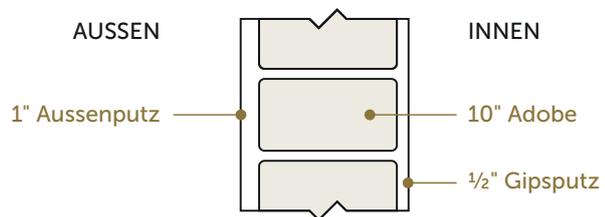


Tabelle 2 Effektive U-Werte für eine beheizte Adobewand: 25 cm dick, ohne Isolierung

10" Adobe		Klimatische Region			
Orientierung der Wand	Wandfarbe	1	2	3	4
Osten	Hell	0,226 1,28	0,217 1,23	0,222 1,26	0,211 1,198
	Bedeckt	0,194 1,10	0,176 0,999	0,178 1,01	0,158 0,897
	Dunkel	0,161 0,914	0,135 0,766	0,133 0,755	0,106 0,60
South	Hell	0,218 1,237	0,208 1,18	0,206 1,169	0,197 1,118
	Bedeckt	0,174 0,987	0,152 0,863	0,136 0,77	0,123 0,698
	Dunkel	0,131 0,74	0,096 0,545	0,067 0,38	0,050 0,284
Westen	Hell	0,232 1,317	0,224 1,27	0,229 1,30	0,218 1,237
	Bedeckt	0,208 1,18	0,193 1,095	0,194 1,10	0,178 1,01
	Dunkel	0,185 1,05	0,162 0,919	0,160 0,908	0,137 0,777
Norden	Hell	0,238 1,35	0,234 1,328	0,241 1,368	0,231 1,31
	Bedeckt	0,223 1,30	0,217 1,23	0,224 1,27	0,210 1,19
	Dunkel	0,208 1,18	0,201 1,14	0,207 1,175	0,188 1,067

Quelle: "Expanded Revision of Effective U-Values", Robertson, David K, 1981,

Tag- und Nachttemperaturunterschieden, 45% mehr sonnigen Tagen sowie in Gegenden zwischen 20 und 45 nördlichem und südlichem Breitengrad.

In den folgenden Tabellen sind die Einheiten BTU/hr.ft².°F in römischen Zahlen dargestellt und die SI Einheiten W/m².K in *Kursiv*. Alle Daten sind aus der Veröffentlichung "Erweiterte Überarbeitung der effektiven U-Werte" von David K. Robertson, NMEI, 1981; Seiten 16, 20, 17, 21.

In Tabelle 2 ohne Isolierung ist der in den Feldern *Süden, Bedeckt, Klimatische Region 1* gezeigte effektive U-Wert 0.987 W/m².K während er in Tabelle 3 mit Isolierung und vergleichbaren Positionen 0.312 W/m².K ist. Der U-Wert für die Isolierung wird vom Hersteller mit 0.511 W/m².K angegeben. Wendet man die festgelegte Methodik an, um die Elemente in einer Wand mit U₁ = 0.987 W/m².K und U₂ = 0.511 W/m².K, zu kombinieren (Isolierung und Adobe), ergibt das einen U-Wert von:

Wandtyp 5

10" Adobe und 2" Isolierung

festgesetzter ASHRAE U-Wert

$$= 0.368 \frac{W}{m^2 \cdot K} = 0.068 \frac{BTU}{hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

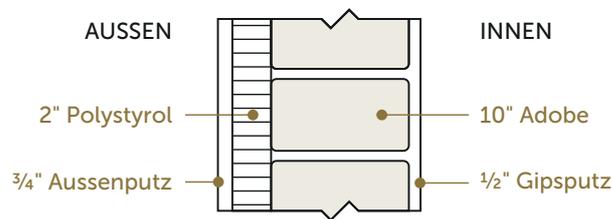


Tabelle 3 Effektive U-Werte für eine beheizte Adobewand: 25cm dick mit 5 cm steifer Polystyrol Isolierung

10" Adobe und 2" Polystyrol		Klimatische Region			
Orientierung der Wand	Wandfarbe	1	2	3	4
Osten	Hell	0,069 <i>0,391</i>	0,066 <i>0,374</i>	0,067 <i>0,380</i>	0,064 <i>0,363</i>
	Bedeckt	0,060 <i>0,340</i>	0,055 <i>0,312</i>	0,055 <i>0,312</i>	0,049 <i>0,278</i>
	Dunkel	0,051 <i>0,289</i>	0,043 <i>0,244</i>	0,042 <i>0,238</i>	0,035 <i>0,198</i>
South	Hell	0,067 <i>0,380</i>	0,063 <i>0,357</i>	0,063 <i>0,357</i>	0,060 <i>0,340</i>
	Bedeckt	0,055 <i>0,312</i>	0,048 <i>0,272</i>	0,043 <i>0,244</i>	0,040 <i>0,227</i>
	Dunkel	0,042 <i>0,238</i>	0,033 <i>0,187</i>	0,024 <i>0,136</i>	0,019 <i>0,107</i>
Westen	Hell	0,071 <i>0,40</i>	0,068 <i>0,386</i>	0,069 <i>0,391</i>	0,066 <i>0,374</i>
	Bedeckt	0,064 <i>0,363</i>	0,059 <i>0,335</i>	0,060 <i>0,340</i>	0,055 <i>0,312</i>
	Dunkel	0,058 <i>0,329</i>	0,051 <i>0,289</i>	0,050 <i>0,283</i>	0,043 <i>0,244</i>
Norden	Hell	0,073 <i>0,414</i>	0,070 <i>0,397</i>	0,073 <i>0,414</i>	0,070 <i>0,397</i>
	Bedeckt	0,069 <i>0,391</i>	0,066 <i>0,374</i>	0,068 <i>0,386</i>	0,064 <i>0,363</i>
	Dunkel	0,064 <i>0,363</i>	0,061 <i>0,346</i>	0,063 <i>0,357</i>	0,058 <i>0,329</i>

Quelle: "Expanded Revision of Effective U-Values", Robertson, David K, 1981,

$$U_{\text{total}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2}\right)} = \frac{1}{(1.01 + 1.96)} = 0.337 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Der effektive U-Wert von 0.312 W/m²·K aus der Tabelle ist geringer, als der vorausgesagte Wert in Höhe von 0.337 W/m²·K.

Beachtet werden sollte auch, dass in Tabelle 2 in den Feldern *Süden, Dunkel, Klimazone 4* der effektive U-Wert der nicht isolierten Wand (0.284) auf 0.107 abnimmt in der gleichen Position auf Tabelle 3 mit isolierter Wand. Das ist eine überraschende Verbes-

serung im U-Wert verglichen mit dem festgelegten ASHRAE U-Wert von 0.386 am Anfang der Tabelle. Es ist also unnötig, die dunkle nach Süden gerichtete Wand zu isolieren. Der effektive U-Wert von 0.284 aus Tabelle 1 für eine Adobewand ohne Isolierung erfüllt die vorgegebenen Energievorschriften in Neu-Mexiko. Zusätzliche Isolierung wäre in diesem Fall eher übertrieben.

In der Tabelle 2 liegt der effektive U-Wert in den Feldern *Norden, Hell, Klimatische Zone 4* bei 1.386, das ist eigentlich etwas höher als der festgelegte ASHRAE

Wandtyp 2

14" Adobe, ohne Isolierung

festgesetzter ASHRAE U-Wert

$$= 1.07 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = 0.189 \frac{\text{BTU}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

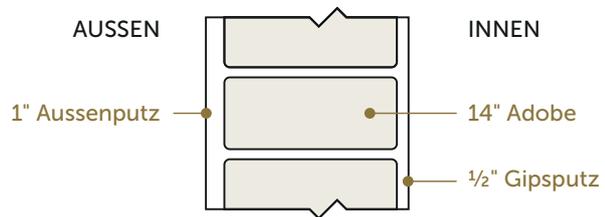


Tabelle 4 Effektive U-Werte einer 35 cm dicken Adobewand

14" Adobe		Klimatische Region				
Orientierung der Wand	Wandfarbe	1	2	3	4	
	Hell	0,181 1,027	0,174 0,987	0,178 1,01	0,168 0,95	
	Osten	Bedeckt	0,155 0,88	0,141 0,80	0,142 0,806	0,126 0,715
		Dunkel	0,129 0,73	0,108 0,613	0,106 0,601	0,084 0,476
South	Hell	0,175 0,993	0,166 0,94	0,165 0,936	0,157 0,89	
	Bedeckt	0,140 0,794	0,122 0,692	0,109 0,618	0,098 0,556	
		Dunkel	0,105 0,596	0,077 0,437	0,053 0,300	0,040 0,227
Westen	Hell	0,186 1,056	0,179 1,016	0,183 1,039	0,174 0,987	
	Bedeckt	0,167 0,948	0,155 0,88	0,155 0,88	0,142 0,806	
		Dunkel	0,148 0,840	0,130 0,738	0,128 0,726	0,142 0,806
Norden	Hell	0,191 1,08	0,187 1,06	0,193 1,095	0,185 1,050	
	Bedeckt	0,179 1,016	0,174 0,987	0,179 1,016	0,167 0,948	
		Dunkel	0,167 0,948	0,161 0,914	0,165 0,936	0,150 0,851

Quelle: "Expanded Revision of Effective U-Values", Robertson, David K, 1981,

U-Wert von 1.38 am Anfang der Tabelle. Diese Klimazone hat die härtesten Winter mit einer Anzahl von 4000 – 5000 Heizgradtagen (Basis: 18°C). Das ist eine klare Indikation für die Verringerung von hellen Wandflächen an den Nordseiten von Häusern und Isolierungsbedarf sowie unbeheizten „Speicher-räumen“ an diesen Gebäudeseiten. Das korrespondierende Feld in Tabelle 3 für eine isolierte Außenwandfläche zeigt einen effektiven U-Wert von 0.397, der auch etwas höher ist als der festgesetzte ASHRAE U-Wert von 0.386. Diese effektiven U-Werte der Nordwandflächen zeigen, wie wichtig die Gebäu-

deorientierung und Farbgebung beim Entwurf des Hauses sind für die energetische Leistung.

Schlussfolgerung

Die unerwartet hohe thermische Leistung von Adobewänden in Neu-Mexiko, indiziert durch ihre niedrigen effektiven U-Werte rührt her von ihrer thermischen Masse. Damit bezeichnet man die Fähigkeit einen beträchtlichen Wärmeteil zu verlieren oder zu gewinnen ohne Veränderungen der Temperatur. Der Vorteil thermischer Masse wird für ein Klima wie in Neu-Mexiko von Robertson erklärt¹⁰ und in einer

Wandtyp 6

14" Adobe und 2" Isolierung

festgesetzter ASHRAE U-Wert

$$= 1.36 \frac{W}{m^2 \cdot K} = 0.240 \frac{BTU}{hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

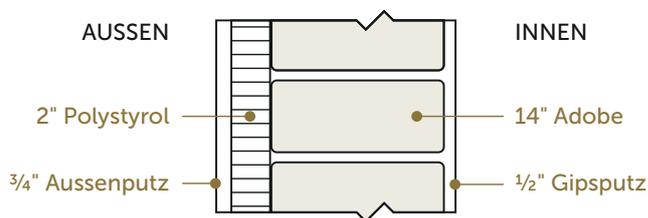


Tabelle 5 Effektive U-Werte einer 35 cm dicken Adobewand mit 5 cm steifer Polystyrolisolierung

14" Adobe und 2" Polystyrol		Klimatische Region			
Orientierung der Wand	Wandfarbe	1	2	3	4
Osten	Hell	0,064 0,363	0,061 0,346	0,063 0,357	0,059 0,335
	Bedeckt	0,056 0,317	0,051 0,289	0,051 0,289	0,046 0,261
	Dunkel	0,048 0,272	0,040 0,227	0,039 0,204	0,032 0,181
	Hell	0,062 0,352	0,059 0,335	0,058 0,329	0,055 0,312
	Bedeckt	0,051 0,289	0,044 0,249	0,040 0,227	0,037 0,210
	Dunkel	0,039 0,221	0,030 0,170	0,022 0,124	0,018 0,102
Westen	Hell	0,066 0,374	0,063 0,357	0,064 0,363	0,061 0,346
	Bedeckt	0,060 0,340	0,055 0,312	0,055 0,312	0,051 0,289
	Dunkel	0,054 0,306	0,047 0,266	0,046 0,261	0,051 0,289
Norden	Hell	0,068 0,386	0,065 0,369	0,067 0,380	0,064 0,363
	Bedeckt	0,064 0,363	0,061 0,346	0,063 0,357	0,059 0,335
	Dunkel	0,060 0,340	0,057 0,323	0,059 0,335	0,053 0,300

Quelle: "Expanded Revision of Effective U-Values", Robertson, David K, 1981,

umfassenden Beurteilung der Auswirkungen von thermischer Masse durch Wissenschaftler im nationalen Labor Oak Ridge.¹¹

Nimmt man die Heizperiode als Beispiel, besteht der Vorteil wenn die Innenraumtemperatur über dem thermostatischen Punkt für eine Minimum Komfort Temperatur liegt. Das kann eintreten bei einer Kombination von Außenwärme, Solarer Einstrahlung, Wärme durch menschliche Ausstrahlung, Geräte, usw. Der Innenraumwärmeverlust ist ungefähr proportional zum Temperaturunterschied zwischen dem Innern und Äußeren eines Gebäudes. Unnötig hohe Innenraumtemperaturen erhöhen den Wärmeverlust, der ersetzt werden muss. Eine große thermische Masse verringert Temperaturänderungen und verkürzt die Zeitdauer in der die Innenraumtemperatur zu hoch ist mit unnötigem Wärmeverlust.

Adobebauten und andere mit hoher größerer thermischer Masse können Wärmegewinne von solarer Einstrahlung und aus anderen Quellen effizienter nutzen, als solche mit geringer thermischer Masse. Die Computer Modelle und Felduntersuchungen bestätigen diese Analyse. Ein ähnlicher Vorteil trifft auch auf die kalte Zeitperiode zu: Große thermische Masse kann dazu beitragen, dass der Wärmefluss gedämmt wird in den Nächten und die Innenraumtemperaturen fallen. Thermische Massen zeigen solche Vorteile nur, wenn die Außentemperaturen große Unterschiede zwischen Tag- und Nachttemperaturen aufweisen und manchmal der gewünschten Innenraumtemperatur nahekommen. Es gibt keine Vorteile, wenn die ganze Zeit geheizt und/oder gekühlt werden muss. Im Winter ist thermische Masse besonders wünschenswert bei starker solarer Einstrahlung. Adobewände sind daher nicht vorteilhaft in feuchten Klimazonen mit geringen Temperaturunterschieden und trüben Wintern. Adobewände sind hingegen in den winterlichen Bedingungen Neu-Mexikos sehr vorteilhaft bei milden, sonnigen Tagen und kalten Nächten. Das trifft auch auf ähnliche Gegenden in der Welt zu.

Wenn Adobewände mit Schaumstoffen oder anderem Isoliermaterial bedeckt werden, wie in den Tabellen 2 und 4 beschrieben wird, dann am besten an der Außenseite der Wand.

Hier mögen die Ergebnisse überraschend wirken, denn bei stationären Wärmeleitvorgängen in einer Laborumgebung ist es unwichtig welche Schicht auf

der warmen Seite der Wand liegt. Für ein Gebäude jedoch ist es vorteilhafter, wenn die thermische Masse die Innenraumtemperatur direkt regulieren kann. Diese Schlussfolgerungen basieren auf Jahrhunderte langer Erfahrung.

Footnotes

- 1 ASHRAE, 1983
- 2 Childs et al, 1983
- 3 van der Meer, 1978
- 4 Robertson, 1984
- 5 Robertson, 1981
- 6 Dritt and England, 1978, see also Baumgartel, 1995
- 7 Dexter et al, 1979
- 8 International Code Council 2009
- 9 Ibid, see also Fosdick and Bahm, 1983, Benson et al, 1980 and www.degreedays.net
- 10 Robertson, 1981
- 11 Childs et al, 1983

References

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1983 ASHRAE handbook: fundamentals, Atlanta, Georgia, 1983
- Baumgartel, H. John, P.E. and David Gonzales, P.E. *NEW MEXICO ENERGY CONSERVATION CODE APPLICATIONS MANUAL, RESIDENTIAL BUILDINGS*, New Mexico Energy, Minerals and Natural Resources Department, 1993 Edition, 3rd Printing, January 1995.
- Benson, Merle J., Robert D. Busch, James O. Dritt, Darrell Hadfield, David Menicucci "CREATION OF WEATHER TAPES FOR EACH OF SEVEN HEAT TRANSFER CLIMATIC ZONES IN NEW MEXICO.", Report 78-1123, New Mexico Energy and Minerals Department, 1980.
- Childs, K.W., G.E. Courville, and E. L. Bates, "THERMAL MASS ASSESSMENT," ORNL/CON-97, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 1983.
- Dexter, Michael E. Larry W. Bickle, Ph.D, P.E., Wybe J. van der Meer, P.E, RA, "EXPERIMENTAL VERIFICATION: EFFECTIVE U-VALUES," NMEI Report No. 76-163A, New Mexico Energy Institute at the University of New Mexico, June 1979.
- Dritt, James O., John England, *APPLICATIONS MANUAL, THE ENERGY CONSERVATION CODE, New Mexico Application: Chapter 53 Uniform Building Code*, New Mexico Energy Institute, The University of New Mexico, Albuquerque, Fourth Edition, September, 1978, Out of print.
- Fosdick, Earl K., Raymond J Bahm, "The New Mexico solar and weather design data manual assessment project: final report," New Mexico Energy Research and Development Institute, Santa Fe, 1983.

International Code Council, *2009 INTERNATIONAL ENERGY CONSERVATION CODE*, First Printing: January, 2009, ISBN: 978-1-58001-742-8 (soft-cover edition)

Robertson, David K., "EXPANDED REVISION OF EFFECTIVE U-VALUES, U-Values for Opaque Wall Sections, Glazing and Passive Solar Wall Types," New Mexico Energy and Minerals Department, 1981.

Robertson, David K., "SOUTHWEST THERMAL MASS STUDY, OBSERVATION AND PREDICTION OF THE HEATING SEASON THERMAL MASS EFFECT FOR EIGHT TEST BUILDINGS WITH AND WITHOUT WINDOWS," New Mexico Energy Research and Development Institute Information Center, the University of New Mexico, Albuquerque under subcontract ORNL/Sub/7948 with Oak Ridge National Laboratory funded by U. S. Department of Energy Contract W-7405-eng-26, 1984.

van der Meer, Wybe J., Larry W. Bickle, "EFFECTIVE U-VALUES," NMEI REPORT NO. 76-161B, (Second Revision) 1978. New Mexico Energy Institute at the University of New Mexico, June 1979.

www.degreedays.net

Authors

Quentin C. Wilson, Lead Author
Instructor/Director Emeritus
The Adobe Construction Program
Northern New Mexico College
HC 67, Box 46
La Madera, New Mexico 8539, USA
Phone: 1-505-583-2356
Email: qwilson@nnmc.edu

Quentin Wilson baut Adobe Häuser seit fünfundzwanzig Jahren. Er hat Baukonstruktion gelehrt am Northern New Mexico College in El Rito. Das war das erste Collegeprogramm in den Vereinigten Staaten von Amerika mit einem einjährigen Zertifikat und einem zweijährigen „Associate“ Diplom. Er hat an vielen Lehmbygtagungen teilgenommen und eigene Vorträge gehalten, wie auch auf den Lehmbygtrefffen des DVL von 2000 bis 2012. Er hat auch Lehmbygkonferenzen in den USA organisiert.

Kirk Higbee-Barzola
BS Civil Engineering Candidate
Arizona State University
PO Box 19374
Phoenix, Arizona 85005, USA
Phone:
Email: Kirkhigbee@yahoo.com

Kirk Higbee-Barzola hat ein Diplom für Adobe Konstruktion des Northern New Mexico College und studiert gegenwärtig an der Arizona State University. Er ist als Lehmbygauer vom Dachverband Lehm bestätigt worden, hat ein Zeugnis von Siacot 2015 und renoviert zurzeit ein Adobe Haus. Gleichzeitig ist er dabei eine Bibliographie zusammenzustellen von Lehmbygaueröffentlichungen, Zeitschriften- und Konferenzbeiträgen und Artikeln sowie Internetinformation. Er hat an der LEHM 2004 und 2012 des DVL und fast allen Lehmbygkonferenzen in den USA teilgenommen.

Bristol Stickney
Chief Technical Officer
SolarLogic, LLC.
3212B Richards Lane
Santa Fe, New Mexico 87507, USA
Phone: 1-505-577-4633
Email: bristol@solarlogic.com

Bristol Stickney hat seit langer Zeit großes Interesse an thermischen Eigenschaften von Bauten, besonders hinsichtlich der Nutzung passiver solarer Energie zum Heizen und Kühlen von Gebäuden. Schon 1978 hat er den Bau von Adobehäusern überwacht und lebt selbst seit zwölf Jahren in einem solchen Haus..

Dr Gerald Friedman
Professor of Physics and Math
Santa Fe Community College
6401 Richards Avenue
Santa Fe, New Mexico, 87508
Phone: 1-505-428-1323
Email: gerald.friedman@sfcc.edu

Gerald Friedman wohnt seit zweiundzwanzig Jahren in einem Adobe Haus und ist besonders an Methoden zur Evaluierung thermischer Eigenschaften interessiert.