

Maschine und das manuelle Einbringen von Beton vor Ort möglich. Die Komprimierung sollte durch Stabrüttler unterstützt werden.

Nach dem Betonieren des unteren Drittels wird die Wand mit dem Auflegen **neuer Schalungssteinreihen** fortgesetzt. Die so vorbereitete Schalung wird mit der zuvor beschriebenen nicht kontinuierlichen **Betonierungsmethode** gefüllt.

Im dritten Drittel der Wand können zusätzlich zu den Scharen der Schalungssteine **Stürze** oberhalb der Wandöffnungen kommen, deren Schalung aus Universal-Schalungssteinen mit einer Höhe von 25 und 50 cm, nach Möglichkeit mit  $n \times 25$  cm Breite, hergestellt werden können. In den Wandenden müssen die Bewehrungen mindestens 12,5 cm hineinragen. Die Stege müssen aus den Universalelementen so herausgeschnitten werden, dass sie zu einer U-Schale

Abbildung 2.12b  
Schrittweiser Aufbau  
einer Durisol-Wandkon-  
struktion mit unterbro-  
chenem Betonieren,  
12 Draufsichten (unten)  
und 12 Schnitte (oben)

werden. Diese aneinander mit der geschlossenen Seite nach unten auf eine Unterstellung aufgestellt ergeben die Schalungen der Stürze, die nach dem statischem Plan mit einer Bewehrung zu versehen sind. Bei 50 cm hohen Stürzen sollten vorbeugende Vorkehrungen gegen ein Aufreißen der Schalung getroffen werden. Bei größeren Bauten ist es möglich, vorgefertigte Schalungen für Stürze mit ähnlicher Konstruktion und Einbauweise zu bestellen.

Es folgt das **Betonieren** der Mauer am oberen Teil, zusammen mit den Schalungen der Stürze, unter Verwendung der beschriebenen Betontechnologie. Die Unterstellung der Schalung der Stürze muss bis zur Verfestigung des Betons gesichert sein. Eine geschoss-hohe Wand kann nur **in einer Etappe betoniert** werden, wenn die Schalungssteine mit Klebstoff (LeierFIX-Universalkleber) zusammengeklebt sind. In diesem Fall muss das Betonieren auf jeden Fall maschinell mit einem verengten Füllrohr ausgeführt werden, wobei die technische Anleitung unbedingt eingehalten werden muss.

**Am oberen Ende der Wand** ist den Anforderungen der geplanten Deckenkonstruktion entsprechend eine Ausgleichsschicht zu schaffen. Bei monolithischen Decken wird oben die letzte Schar nur zur Hälfte betoniert, und wenn die Decke betoniert wird, wird damit zusammen der verbleibende Hohlraum der Wand mit Beton gefüllt. Im Falle einer Meisterdecke oder einer Elementdecke kann eine Ausgleichsschicht erforderlich sein, insbesondere dann, wenn der Betonkern der Durisol-Wand vorgefertigte Elemente trägt.

Nach dem Betonieren der Abschlussetappe der Erdgeschoss-wände müssen die Schalung und Wärmedämmung des **Decken-rostes** verlegt werden, was im Fall einer Wand mit isolierten Schalungssteinen aus normalen, geschnittenen Steinen oder aus einer Durisol Holzbeton-EPS-Schaumstoff Kombination sein kann. Nachdem die Elemente aufgeklebt sind, kann der Einbau der Deckenkonstruktion mit der gewählten konstruktiven Lösung, dem statischen Plan entsprechend folgen.

Für die **haustechnischen und elektrischen Leitungen** bieten die Holzbetonschalen der Durisol Schalungssteinwände einen hervorragenden Platz. Die meisten Leitungen und Kabel passen bequem in die 2,5-4 cm starke Holzbetonschale. Das Stemmen des Beton- oder Stahlbetonkerns ist zu vermeiden. Sollten größere Leitungsdurchmesser in die Wänden eingebaut werden, kann man die Schalungssteine mit 6 und 10 cm Holzbetonschale verwenden.

Mit dem Durisol-Schalungssystem sind die Außen- und Innenflächen der Wände, die in modularen Größen entworfen und gebaut wurden, auch ästhetisch ansprechend, daher ist der **Putz** in manchen Fällen unnötig. Vor Jahrzehnten gebaute Lärmschutzwände beweisen die Unempfindlichkeit des Holzbetons gegen Witterungseinflüsse. Mit einer unverputzten Oberfläche kann die hervorragende Schallabsorption- und Dampfdiffusionsfähigkeit von Durisol besser genutzt werden. Sollte man die Durisol-Wand aus ästhetischen Gründen doch verputzen wollen, sorgt ihre raue Oberfläche für eine hervorragende Haftung des Putzes. Es ist empfehlenswert, Putz mit guter Dampfdiffusionsfähigkeit zu verwenden. Bevor die Putzarbeiten beginnen, muss die Feuchtigkeit aus dem Betonieren austrocknen. Erfahrungsgemäß braucht dies mindestens 28 Tage, diese Zeit hängt jedoch weitgehend von den Witterungsbedingungen ab.

# 3 Vergleichsanalyse

**Unsere Zielsetzung ist**, das noch wenig verbreitete Durisol Bausystem mit Holzbeton-Schalungssteinen mit der nach unseren Erfahrungen am meisten verbreiteten Lösung, mit keramischen Ziegeln zu vergleichen und dem Leser vorzustellen. Die wesentlichsten Erwartungen werden in Bezug auf Wandkonstruktionen und ihren Baustoffen einzeln verglichen. Wir möchten mit Hilfe dieser Methode die Aufmerksamkeit auf die vorteilhaften Eigenschaften der neuartigen Konstruktionslösungen, auf die Unterschiede gegenüber konventionellen Lösungen darstellen.

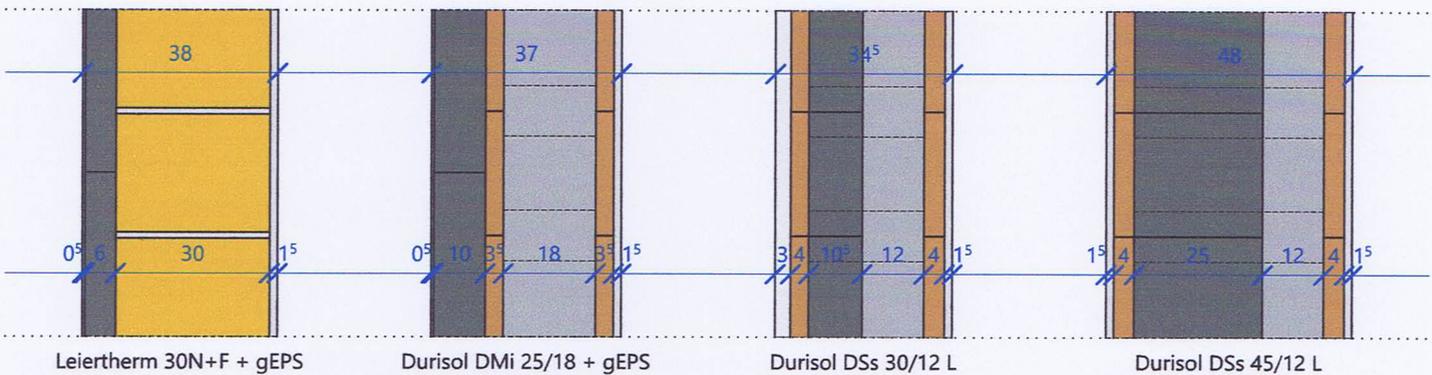


Abbildung 3.1  
Die vier in der Vergleichsanalyse untersuchten Wandstrukturen

**Die Durisol Schalungssteinkonstruktionen und die gewohnten Mauerwerke aus Mauerblöcken** bieten eigentlich für das gleiche Bedürfnis die Lösung. Mit deren Verwendung werden die vertikalen lasttragenden und raumabgrenzenden Konstruktionen der Gebäude errichtet. Die Einwirkungen, Beanspruchungen, Erwartungen und in Normen verankerte Anforderungen gegenüber diesen sind auch meistens gleich. Das zum Einsatz kommende Material und die konstruktiven Charakteristiken der beiden Lösungen unterscheiden sich jedoch signifikant, und daraus resultierend weisen auch die Prüfungsmethoden und die Prüfergebnisse der Materialien und der Strukturen viele Differenzen auf, deren Vergleich Sorgfalt und Fachwissen erfordert. Bei der Vorbereitung dieser Publikation haben wir zahlreiche Analysen, technische Untersuchungsprotokolle, Unterlagen zur Qualitätssicherung aufgearbeitet, um über die Durisol Hochbauprodukte ein authentisches Bild geben zu können. Wir stellen die besten erreichbaren Kenntnisse aus den einzelnen Prüfungsaspekten in Bezug auf das Durisol Hochbausystem und auf

Hochbausystem mit keramischen Ziegeln vor, und wir vergleichen die oft ganz unterschiedlichen Prüfungsergebnisse miteinander. Bei den Aspekten, bei denen die Differenzen vorrangig auf aus der Materialwahl der konstruktiven Systeme zurückzuführen sind, werden hauptsächlich die Parameter vom Holzbeton und Keramik miteinander verglichen. Bei Aspekten, bei denen die Strukturgestaltung auch eine wichtige Rolle spielt, werden drei Typen von manuell gebauten Durisol Wänden und eine gewöhnliche Wandkonstruktion aus keramischen Mauerblöcken miteinander verglichen. Alle vier Strukturösungen sind unter Berücksichtigung der bei den Gesichtspunkten der Untersuchungen Festgehaltenen als tragende Außenwand und auch als Raumabgrenzungswand geeignet.

- Leiertherm 30 N+F
  - + 6 cm expandierter Polystyrol-Hartschaumstoff mit Graphit
- Durisol DMi 25/18 Wandsystem
  - + 10 cm expandierter Polystyrol-Hartschaumstoff mit Graphit
- Durisol DSs 30/12 L Wandsystem
- Durisol DSs 45/12 L Wandsystem

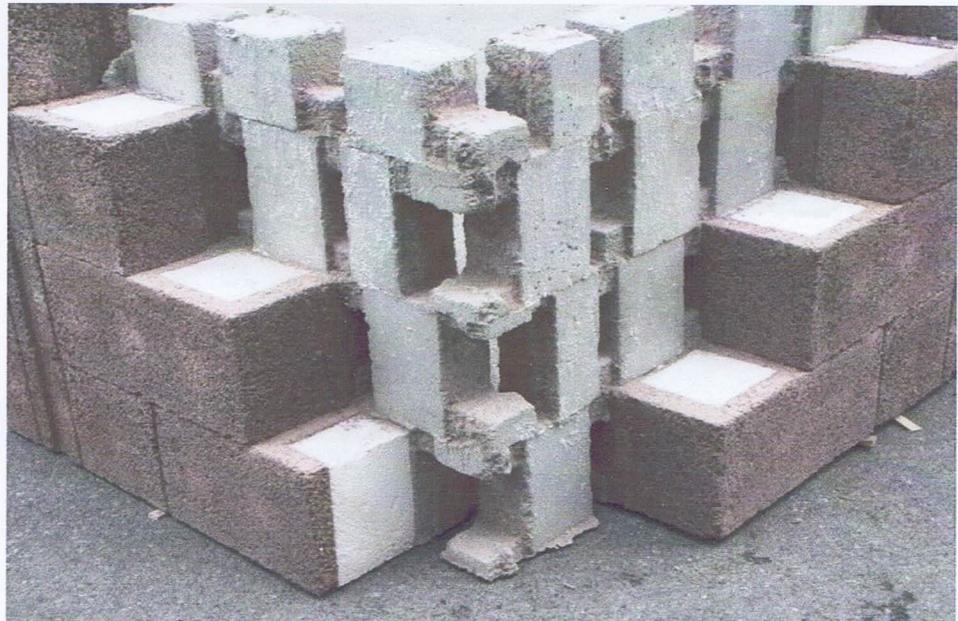
### 3.1 Belastungsfähigkeit

Ähnlich den Keramikmauerwerken muss der Statiker die Belastungsfähigkeit der Durisol Schalungssteinwände aufgrund der Norm EN 1996 (Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von gemauerten Konstruktionen) in allen Fällen kontrollieren.

Die Belastungsfähigkeit der Wände mit **keramischen Mauerblöcken** hängt von der Klassifikation der Ziegel sowie vom Typ und der Qualität des Mörtels ab. Bei der Durchsicht der Belastungsfähigkeitsdaten der Leiertherm 30 N+F Wandkonstruktion ist es ersichtlich, dass bei einer Klassifizierung Nummer 3 eine charakteristische Druckfestigkeit ( $f_k$ ) mit einem vorgeschriebenen Mörtel der Druckfestigkeitsklasse M5 ( $\sigma_{\text{Druck}} = 5 \text{ N/mm}^2$ ) (Rezeptmörtel)  $3,327 \text{ N/mm}^2$  beträgt, und die **Planungsdruckfestigkeit ( $f_d$ )  $1,512 \text{ N/mm}^2$**  ist, die charakteristische Scherfestigkeit ( $f_{vk}$ ) beträgt  $0,563 \text{ N/mm}^2$ , und eine Planungsscherfestigkeit ( $f_{vd}$ ) von  $0,256 \text{ N/mm}^2$  resultiert.

Das Verhalten von **Durisol Wandkonstruktionen** weicht wegen ihrem Aufbau wesentlich von den Keramikmauerwerken ab. Ihre zwei Hauptbestandteile: die aus Durisol Schalungssteinen gebaute Schalungskonstruktion (verbleibende Schalung) und der Beton- oder Stahlbetonkern, der den belastungstragenden Teil der Konstruktion

Abbildung 3.2  
Durisol Wandkonstruktion mit Rippengitterbetonkern durch die Zerlegung einer 37,5 cm starken, wärmeisolierten Musterwand



bildet. Der Kern besteht vertikal und horizontal aus kontinuierlichen Rippen. Das wird durch die besondere Hohlraumkonstruktion und Rippendurchbrüche der Schalungssteine ermöglicht.

Da bei den Durisol Wandkonstruktionen den tragenden Konstruktionsteil ausschließlich der Betonkern bildet, darf die äußere Holzbetonschicht bei der Berechnung nicht als lasttragendes Element berücksichtigt werden. Die Festigkeitsklasse des Füllbetons muss mindestens C16/20 sein. Als gewöhnliche Festigkeitsklassen des Betons gelten C20/25 und C25/30. Der maximale Korndurchmesser des Zuschlagstoffes des Füllbetons darf 16 mm sein (Empfohlen: 8 mm). Eine allgemeine und ergänzende Bewehrung der Wandkonstruktionen ist in Abhängigkeit der möglichen Belastungen zu dimensionieren. Es müssen dabei die von der Norm EN 1996 vorgeschriebenen minimalen Eisenanteile eingehalten werden.

Die Widerstandsgröße der Wandkonstruktion gegenüber vertikaler Belastung wird mit einem Planungswert bezogen auf eine Einheitslänge  $N_{Rd}$  angegeben ( $kN/m^2$ ). Dieser Wert hängt wesentlich von dem Schalungssteintyp, von der Einbausituation (als Zwischenwand, als äußere, stützende Wand einer Decke oder, als äußere, stützende Wand eines Daches funktionierende Wand), von der Festigkeitsklasse des Füllbetons (C16/20, C20/25, C25/30), bei den Zwischenwänden von der Höhe der fertigen Wände, bei Außenhauptwänden von der Spannweite der Decke ab. Die Außenwände müssen als Zwischenwände auch geprüft werden, es muss dabei der schlechtere Wert beachtet werden. Der Widerstand der Wandkonstruktion ist bei den Steinscharen ohne Versatz und den Scharen, wo

der Versatz 25 cm ist unterschiedlich, denn an diesen zwei Stellen zeigt sich ein großer Unterschied im Querschnitt des ausfüllenden Kernbetons ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ). Da der Querschnitt des Betonkerns zwischen den Scharen ungleich ist, ist hier ein kleinerer Planungswert zu berücksichtigen. Der Hersteller gibt beide Werte in seinen Planungsrichtlinien an. Wenn wir mit der Außenhauptwand rechnen, und eine Wandhöhe mit 2,63 m und die Spannweite der Decke mit 5,0 m annehmen, ergibt sich der Druckfestigkeitsplanungswert der Wandkonstruktion mit  $(f_d) = 7,18 \text{ N/mm}^2$  im Falle einer Betonfestigkeit von C20/25, mit den Durisol Schalungssteinen DMi 25/18, DSs 30/12 L und DSs 45/12 L gleichermaßen. Der Druckfestigkeitsplanungswert kann mit einem Beton C16/20 mit dem Wert von  $5,74 \text{ N/mm}^2$ , bei C25/30 mit dem Wert von  $8,98 \text{ N/mm}^2$  berücksichtigt werden.

## 3.2 Erdbbensicherheit

**Die gemauerten Konstruktionen können durch Erdbeben schnell beschädigt werden.** Die Ziegelsteingebäude sind entlang der Mörtelfugen am schwächsten, die Ziegel können sich lockern und verschoben werden. Das erdbebensichere eingeschossige Ziegelgebäude wird beim Fundament und bei der Decke rundum mit einem Stahlbeton-Trägerrahmen gebaut. Das erdbebensichere mehrstöckige Ziegelgebäude wird beim Fundament, bei der Decke und in der Ebene unter den Fenstern rundum mit Stahlbeton-Trägerrahmen errichtet. Die Belastungsfähigkeit des Gebäudes hängt von der Qualität des Mauerwerkes, der Grundriss- und Konstruktionsgestaltung ab. Die Stabilität des Systems wird von der Gestaltung der Konstruktionsverbindungen beeinflusst. Die schweren Gebäude mit leichten Decken sind gegen Beschädigungen empfindlicher, die Stahlbetondecken und die richtigen Wandeinbindungen helfen dabei, die außerordentlichen Wirkungen in den Gebäuden zu überstehen. Ziel ist meistens, die Festigkeit der Gebäude in zwei Richtungen zu sichern und solche Decken-Wand-Verbindungen zu bauen, die die Lastübertragung sichern.

Allgemeine Informationen bei Bauten mit Ziegelsteinwänden:

- die Planung der einfachen, gemauerten Gebäude kann gemäß EC-8 – enthält viele Vorgaben – durchgeführt werden.
- In Kenntnis der Druckfestigkeit der Ziegel und des Mörtels sowie der Grundrissmaße kann bestimmt werden, welche Wandhöhe bei einem eventuellen Erdbeben akzeptabel ist. Das Prinzip ist umge-

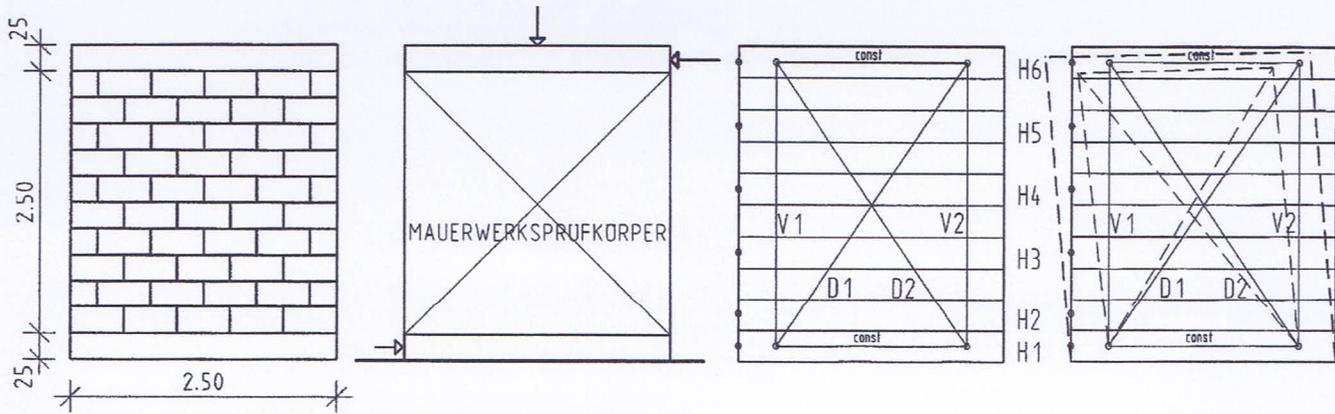


Abbildung 3.3  
Prüfung der Durisol  
Wandkonstruktion bei  
einer Belastung durch  
Erdbeben. Geometrie,  
Belastungen und  
Verformungen der  
Konstruktion.

- kehrt auch gültig, die Mauerwerkelemente und die Mörtelqualität kann in Abhängigkeit der Gebäudehöhe ausgewählt werden.
- Die Scherfestigkeit der Wände (Bruchteil der Druckfestigkeit) ist immer ein kritischer Punkt, ihr Wert hängt von der Mauertechnologie, dem Auslastungsmaß ab und hat einen Höchstwert in Abhängigkeit der Druckfestigkeit der Bauelemente der Wand.
  - Die Verwendung von Wänden ohne Bewehrung ist eingeschränkt, ab einer bestimmten Gebäudehöhe müssen Wände mit Bewehrung verwendet werden.
  - Die erdbebensicher gemauerten Konstruktionen müssen gedungen sein, ihre Etagenanzahl ist beschränkt.
  - Systeme mit gemischten (bidirektionalen) Hauptwänden können besser dem Erdbeben widerstehen als Gebäude mit nur längst- oder quer angeordneten Hauptwänden.
  - Bei der Planung vom erdbebensicheren Gebäuden muss beachtet werden, dass keines der Grundrissmaße die vierfache Größe der anderen Maße überschreiten darf.
  - Es müssen mindestens jeweils zwei parallele Scherwände in rechtwinkelig zueinander gestellt werden. Die Längen beider Wände müssen größer sein, als 30% der Gebäudelänge. Die lichte Weite zwischen den Wänden soll mindestens bei einem der Wandpaare 75% eines Maßes in der anderen Richtung des Gebäudes betragen.
  - Die vertikalen Belastungen werden mindestens zu 75% von den Scherwänden getragen. Die Scherwände müssen vom Fundament bis zur Decke des Gebäudes vollflächig verlaufen.
  - Bei Gebäuden mit asymmetrischer Gewichtsverteilung kann es vorkommen, dass ein Aussteifungssystem aus Stahlbeton benötigt wird.
  - Die Aussteifung muss vom Fundament bis zur Decke kontinuierlich verlaufen. Das Ausreißen von Ecken kann mit in den Wandecken angebrachten Verstärkungspfeylern verhindert werden. Die mit Stahlbetonpfeylern am Anfang und Ende verstärkten Wandkonstruktionen erhöhen den Widerstand gegen Erdbeben.

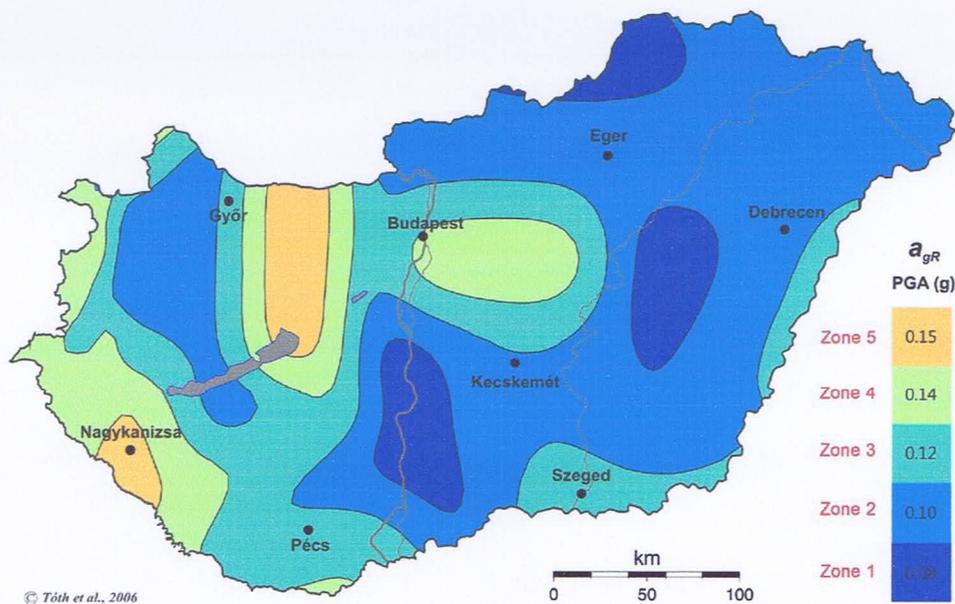


Abbildung 3.4  
Landkarte der Erdbebenzonen in Ungarn

Das Verhalten der Durisol Schalungssteinkonstruktion bei einem Erdbeben unterscheidet sich wesentlich im Vergleich mit gemauerten Wandkonstruktionen, da der Betonkern mit einem Netzgefüge eine besonders verstärkte Wandkonstruktion ergibt. Das Durisol Hochbausystem kann in Regionen vorteilhaft verwendet werden, die durch Erdbeben gefährdet sind. Das bestätigen mehrere österreichische Studien. Es wurden sieben Gebäudetypen bestimmt und Österreich wurde auf 5 Erdbebenzonen aufgeteilt. In diesem Zusammenhang wurde die Mindeststärke des statisch erforderlichen Betonkerns bei den tragenden Außen- und Innenwänden mit und ohne Bewehrung bestimmt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in der Tabelle 3.1. zu finden. Es kann allgemein festgestellt werden, dass bei den tragenden Außenwänden die erforderliche Breite des Betonkerns in jedem Fall kleiner ist. Es ist ersichtlich, dass in einigen Fällen zwei Alternativen angewendet werden können, weil sowohl die schmalere Struktur mit Bewehrung, als auch die stärkere Struktur ohne Bewehrung akzeptiert werden kann.

Leider, weil die oben angeführten Prüfungen von österreichischen Forschern durchgeführt wurden, ist die Aufteilung der Zonen gemäß den österreichischen Vorschriften erfolgt. Die seismischen Zonen von Ungarn weichen von diesen ab. Die Tabelle stellt dar, dass keine ungarische Zone identisch mit der österreichischen Zone 5 ist. Die Zonen 3-4-5 in Ungarn entsprechen der Zone 4 in Österreich, die ungarische Zone 2 entspricht der österreichischen Zone 3. Die ungarische Zone 1 entspricht der österreichischen Zone 2. Die österreichische Zone 0 und 1 hat keine vergleichbare in Ungarn. Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass für die ungarischen Erdbebenzonen die Werte der Tabelle, die sich auf die Zonen 2-4 beziehen, maßgebend sind.

Maximale Ebenennummer	Struktur ohne Verstärkung						Struktur mit Verstärkung					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
	Erdbebengebiete: ↑ Austria ↑ / ↓ Ungarn ↓						Erdbebengebiete: ↑ Austria ↑ / ↓ Ungarn ↓					
	-	-	1	2	3, 4, 5	-	-	-	1	2	3, 4, 5	-
1		12/14										
2								12/14				
3		14/17										
4								14/16				
6		17/20						16/18				
8		20/23						18/21				
10		23/26						20/24				

Tabelle 3.1  
Minimaler Betonkernbedarf von Wandkonstruktionen mit Durisol Schalungssteinen bei tragenden Außen- und Innenwänden (cm)

Bei der Analyse der Tabelle können wir wahrnehmen, dass mit Hilfe von Wandkonstruktionen mit dem Durisol Hochbausystem in allen Regionen Ungarns eine Gebäudehöhe **mit zwei Etagen** mit minimalem Betonkern, und ohne Bewehrung gebaut werden kann. Die Schalungssteine mit integrierter Wärmedämmung können auch mit Bewehrung wegen des kleinen Betonkerns höchstens bis zu drei Etagen verwendet werden. Die Durisol Elemente DMi 25/18 können wegen des starken Betonkerns in einem breiteren Spektrum eingebaut werden. Sie können unbewehrt in Abhängigkeit von Erdbebenzonen als Außenwände **bis zu sechs Etagen** verwendet werden, bewehrt sogar bis zu acht Etagen. Innenwände aus diesen Steinen sind unbewehrt bis zu drei Etagen, mit Bewehrung bis zu sechs Etagen möglich.

Tabelle 3.2  
Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen gemäß der Norm MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010

Rauchentwicklung		Brennendes Abtropfen	
Klasse	Parameter	Klasse	Parameter
s1	Geringe Rauchentwicklung	d0	Kein brennendes Abtropfen / Abfallen
s2	Mittlere Rauchentwicklung	d1	Kein kontinuierliches brennendes Abtropfen (ähnlich der Funken eines brennenden Teppichs)
s3	Hohe Rauchentwicklung bzw. Rauchentwicklung nicht geprüft	d2	Viele brennende Tropfen oder Partikel, die Brandverletzungen der Haut oder die Ausbreitung des Feuers verursachen können

### 3.3 Brandschutz

Die Baustoffe sind nach den neusten Brandschutzvorschriften in folgende **Brandschutzklassen** einzuordnen:

Klasse	Name	Bezeichnung
A1	nicht brennbar	enthält nur Bestandteile, die nicht brennbar sind
A2	nicht brennbar	enthält auch brennbare Bestandteile
B	schwer brennbar	bei einem Feuer erfolgt kein komplettes Abbrennen, das Material kann aber zur Ausbreitung des Feuers beitragen
C	mittelmäßig brennbar	schwer entzündbare Bestandteile, die aber in 10-20 Minuten nach dem Brandbeginn abbrennen
D	leicht brennbar	entzündbare Bestandteile, bei denen das komplette Abbrennen nach dem Brandbeginn in 2-10 Minuten erfolgt
E	normal entflammbar	durch Feuer erfolgt in 2 Minuten das komplette Ausbrennen
F	leicht entflammbar	das Verhalten gegenüber Feuer ist nicht bestimmt oder es liegt keine Prüfung für eine Einstufung vor

Tabelle 3.3  
Brandschutzklassen gemäß der Norm MSZ EN 13501-1:2007+A1:2010

Bei Brandfällen verursacht das größte Problem nicht einmal das Feuer selber, sondern vielmehr der Rauch. Er verhindert die Einleitung einer Rettungsaktion und verschlechtert die Orientierung. Das Letztere erschwert das Verlassen der Gebäude. Die Kategorisierung in Bezug auf **Rauchentwicklung** bestimmt die Menge vom Rauch und dessen Entstehungsgeschwindigkeit bei Feuer. Bei Baustoffen die den Bereichen zwischen Klassen A2 und D zugeordnet werden, muss auf das Maß der Rauchentwicklung hingewiesen werden. Das gilt nicht für die sicherste Klasse A1 und für die niedrigsten E und F Klassen, da die Produkte der Klasse A1 kaum Rauch bilden und bei Produkten der Klassen E und F sehr viel Rauch entsteht. Klassen der Rauchentwicklung: s1, s2 und s3 (smoke = Rauch). Je größer der Rauch ist, desto größer ist die Zahl.

Alle Erzeugnisse der Baustoffindustrie von der Klasse A2 bis E müssen eine Bezeichnung haben, die auf die Möglichkeit der Entstehung von **brennendem Abtropfen** hinweist, die die Gefahr der Ausbreitung des Feuers und der Brandverletzungen beschreibt. Nach der brennenden Abtropffähigkeit können die Produkte in drei Gruppen eingeteilt werden: d0, d1 oder d2 (droplet = Abtropfen). Je intensiver das Tropfen ist, desto größer ist diese Zahl.

Da die Leiertherm 30 N+F **keramischen Mauerblöcke** nicht brennbar sind und keine brennbaren Bestandteile enthalten, werden sie in die Brandschutzklasse A1 eingeteilt. Die Durisol DMi 25/18 Schalungssteine sind auch nicht brennbar, sie enthalten aber brenn-

bare Bestandteile (Holzspäne), sie sind in die Brandschutzklasse A2-s1-d0 einzuordnen. Die **Durisol** DSs 30/12 L und die Durisol DSs 45/12 L Produkte werden in die Brandschutzklasse B-s1-d0 eingeteilt, weil sie einen neuartigen isolierenden Kunststoffschaum mit Brandverzögerung auch enthalten. Ergänzende Bezeichnung von s1: keine Rauchentwicklung; Bezeichnung d0: kein brennendes Abtropfen.

Die Gebäudekonstruktionen werden darüber hinaus aufgrund ihrer **Brandwiderstandleistung** auch kategorisiert. Bei den Wandkonstruktionen können entscheidend sein:

- die Tragfähigkeit, Zeichen: R, Bedeutung: die Fähigkeit von Konstruktionselementen, für eine bestimmte Zeit, bei einer beständigen, definierten mechanischen Beanspruchung an einer oder mehreren Seiten den Auswirkungen eines Brandes ausgesetzt ohne jeglichen Verlust der Konstruktionsstabilität zu widerstehen;
- die Integrität, Zeichen: E, Bedeutung: die Fähigkeit der Gebäudekonstruktion, die über eine Trennfunktion verfügt, dass eine der Seiten dem Feuer widersteht, ohne dass das Feuer durch Flammen und heißem Gas sich auf die andere Seite ausbreiten würde, und die Entzündung der nicht betroffenen Oberfläche oder eines Materials in seiner Nähe verursachen würde;
- die Wärmedämmung unter Brandeinfluss, Zeichen: I, Bedeutung: die Fähigkeit der Gebäudekonstruktion, dass sie dem auf einer Seite entstandenen Feuer widersteht, ohne dass als Ergebnis signifikanten Wärmeübergangs das Feuer von der betroffenen Seite auf die nicht betroffene Seite übergreifen würde;
- die Wärmestrahlung, Zeichen: W, Bedeutung: die Fähigkeit von Gebäudekonstruktionen, die Wahrscheinlichkeit des Übergreifens des Feuers von der Feuerseite auf die andere Seite durch ihre Konstruktion oder durch die Dämmung der Wärmestrahlung zu vermindern; und
- die mechanische Einwirkung, Zeichen: M, Bedeutung: die Widerstandsfähigkeit von Gebäudekonstruktionen bei einem Aufschlag von Konstruktionsteilen, die sich im Feuer wegen der Beschädigung der Konstruktion von einer anderen Komponente lösen.

Sowohl die Leiertherm 30 N+F Wandkonstruktionen mit keramischen Mauerblöcken als auch alle Durisol Schalungssteinwandkonstruktionen verfügen über die Feuerwiderstandsgrenzwerte **REI 180**, d.h. sie können 180 Minuten lang ihre Tragfähigkeit, ihre Integrität und ihre Wärmedämmung bewahren.

Tabelle 3.4  
Klassifizierung des  
Feuerwiderstandes bei  
Wandkonstruktionen

Bezeichnung	Kategorienzeit (Minuten)								
	-	20	30	-	60	90	120	180	240
RE	-	20	30	-	60	90	120	180	240
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
REI-M	-	-	30	-	60	90	120	180	240
REW	-	20	30	-	60	90	120	180	240

### 3.4 Wärmedämmung

Die Wärmedämmfähigkeit der Gebäudebegrenzungskonstruktionen, darunter die Wärmedämmfähigkeit der Außenwände wird als wichtigster Aspekt bei der Auswahl von Konstruktionslösungen betrachtet. Die Anforderungen in Bezug auf Außenwände sind in den letzten Jahren wesentlich strenger geworden. Neue und erneuerte Gebäude müssen ab dem 01.01.2018 dem sogenannten kostenoptimierten Anforderungssystem entsprechen, das durch die ungarische **Verordnung 7/2006. TNM** geregelt wird. Der darin vorgeschriebene Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände ist maximal  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Die Wärmedämmfähigkeit wird bei bestimmten Stoffen durch die **Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ , W/mk)** beschrieben. Diese Fähigkeit wird bei Konstruktionen, die mehrere Bestandteile enthalten und häufig aus mehreren Schichten bestehen – d.h. eine Inhomogenität aufweisen –, durch den **Wärmedurchgangskoeffizienten ( $U$  in  $\text{W/m}^2\text{K}$ )** beschrieben, den wir mit normgerechten Messungen und/oder Berechnungen bestimmen können. Da diese Eigenschaft ein besonders wichtiger Leistungsparameter der Baustoffprodukte ist, müssen auch die Qualitätsunterlagen diese Angabe mit den Planungswerten enthalten. Die Werte der Produktdatenblätter beziehen sich immer auf bestimmte Konstruktionsgestaltungen, (z.B.: Konstruktion mit und ohne Verputz, Verwendung von Mauermörtel oder Füllbeton einer bestimmten Qualität). Bei eventuellen Abweichungen muss der Wärmedurchgangskoeffizient nach den Eigenheiten der tatsächlichen Konstruktion erneut berechnet werden, und er muss mit den Anforderungswerten verglichen werden.

Bei der Prüfung der Wärmeleitfähigkeit können wir mit dem Vergleich von Wärmeleitkoeffizienten der einzelnen Materialien zu keinem Ergebnis kommen. Die Wärmeleitfähigkeit der massiven **keramischen Ziegel** ist nicht besonders günstig ( $\lambda=0,50\text{-}0,93 \text{ W/mK}$ ). Die Wärmeleitfähigkeit der großporigen keramischen Holblockmauersteine beträgt ( $\lambda=0,14\text{-}0,25 \text{ W/mK}$ ). Es muss dazu auch noch der Einfluss des verwendeten Mörtels ( $\lambda=0,3\text{-}1,0 \text{ W/mK}$ ) beachtet werden.

**Durisol Schalungssteinwände** entstehen durch die Kombination von zwei-drei Stoffen, deren Wärmeleitfähigkeiten ziemlich unterschiedlich sind. Der in den Produkten angewendete Holzbeton ist eine Art Leichtbeton, der einen Planungswert von  $0,12 \text{ W/mK}$  hat, er kann wegen der niedrigen Wärmeleitfähigkeit den isolierenden Materialien zugeordnet werden. Die Wärmeleitfähigkeit ergibt sich einerseits durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Zuschlagstoffes aus Kiefernholz, andererseits durch seine porigen Konstruktion. Die Wärmeleitfähigkeit des Füllbetons hängt von seiner Dichte ab, die sich mit der Festigkeit vom Beton proportional ändert. Die Dichte vom Beton (Qualität mindestens C16/20) – welche zur Anwendung empfohlen ist – wird durch einen Wert von  $2200 \text{ kg/m}^3$  gut beschrieben, dazu gehört ein Wärmeleitfähigkeitswert von  $1,65 \text{ W/mK}$ . Wird ein Füllbeton mit größerer Festigkeit und Dichte angewendet, steigt auch die Wärmeleitfähigkeit, bei  $2400 \text{ kg/m}^3$  auf  $2,00 \text{ W/mK}$ . Ähnlich steigt die Wärmeleitfähigkeit und sinkt zugleich die Wärmedämmfähigkeit, wenn der Füllbeton bewehrt ist. Bei einem Eisenanteil von 1% ergeben sich  $2,30$ , bei 2%  $2,50 \text{ W/mK}$ . Der Polystyrol-Hartschaum mit Graphit in den Schalungssteinen ist ein ausgesprochen effizienter Wärmedämmstoff, dessen deklarierte Wärmeleitfähigkeit  $0,031 \text{ W/mK}$  beträgt.

Die Durisol Konstruktionen, die durch vielfältige räumliche Materialkombination entstehen, bei denen die einzelnen Materialien verschiedene Eigenschaften haben, müssen als Ganzes, als eine inhomogene Konstruktion geprüft werden. In diesen Konstruktionen spielt sich ein mehrdimensionaler Wärmetransport ab. Wir waren bemüht, **die untersuchten Konstruktionen** so auszuwählen, dass ihre Wärmedämmfähigkeit den Inhalten der gültigen Verordnung über die Gebäudeenergetik entspricht, d.h. ihr Wärmedurchgangskoeffizient unter  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  liegt. Als erstes werden die Wärmedurchgangswerte der im Katalog stehenden Konstruktionen mit der tatsächlichen Konstruktionsgestaltung verglichen und identifiziert:

- $U=0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Leiertherm 30 N+F Mauerwerk, Produkt (Devecser) mit Isoliermörtel, ohne Verputz;
- $U=0.96 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Durisol DMi 25/18 Wandkonstruktion, mit Füllbeton, mit einer Dichte von  $2200 \text{ kg/m}^3$ , mit Verputz;
- $U=0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Durisol DSs 45/12 L Wandkonstruktion, mit Füllbeton, mit einer Dichte von  $2200 \text{ kg/m}^3$ , mit Verputz.

Tabelle 3.5  
Berechnung der  
Wärmedurchgangs-  
koeffizienten der  
Konstruktionen

38 [cm]	<b>Leiertherm 30 N+F + 6 cm EPS Graphit</b>	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	Wärmeabgabe an der inneren Bauteiloberfläche		0,130
1,5	Kalkverputz	0,810	0,019
30,0	Leiertherm 30 N+F Mauerwerk, mit Isoliermörtel	0,145	2,069
6,0	Polystyrol-Hartschaum mit Graphit	0,031	1,935
0,5	Dünnverputzsystem	0,930	0,005
	Wärmeabgabe an der äußeren Bauteiloberfläche		0,040
Wärmedurchgangswiderstand der Wandkonstruktion, R [m <sup>2</sup> K/W]			<b>4,198</b>
Wärmedurchgangskoeffizient der Wandkonstruktion, U [W/m <sup>2</sup> K]			<b>0,238</b>

37 [cm]	<b>Durisol DMi 25/18 + with EPS Graphite</b>	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	Wärmeabgabe an der inneren Bauteiloberfläche		0,130
1,5	Kalkverputz	0,810	0,019
25,0	Durisol DMi 25/18 Wand, enthält:		0,830
3,5	Holzbeton	0,120	
18,0	Füllbeton: 2200 kg/m <sup>3</sup>	1,650	
3,5	Holzbeton	0,120	
10,0	Polystyrol-Hartschaum mit Graphit	0,031	3,226
0,5	Dünnverputzsystem	0,930	0,005
	Wärmeabgabe an der äußeren Bauteiloberfläche		0,040
Wärmedurchgangswiderstand der Wandkonstruktion, R [m <sup>2</sup> K/W]			<b>4,250</b>
Wärmedurchgangskoeffizient der Wandkonstruktion, U [W/m <sup>2</sup> K]			<b>0,235</b>

48 [cm]	<b>Durisol DSs 45/12 L</b>	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	Wärmeabgabe an der inneren Bauteiloberfläche		0,130
1,5	Kalkverputz	0,810	0,019
45,0	Durisol DSs 45/12 L Wand, enthält:		6,970
4,0	Holzbeton	0,120	
12,0	Füllbeton: 2200 kg/m <sup>3</sup>	1,650	
25,0	Polystyrol-Hartschaum mit Graphit	0,031	
4,0	Holzbeton	0,120	
1,5	Edelfeinputz	0,870	0,017
	Wärmeabgabe an der äußeren Bauteiloberfläche		0,040
Wärmedurchgangswiderstand der Wandkonstruktion, R [m <sup>2</sup> K/W]			<b>7,176</b>
Wärmedurchgangskoeffizient der Wandkonstruktion, U [W/m <sup>2</sup> K]			<b>0,139</b>

Im Falle der Wandkonstruktionen aus Durisol DMi 25/18 und Leiertherm 30 N+F wird eine wirksame äußere Wärmeisolierung von 10 und 6 cm Stärke benötigt. Die Gestaltung und die Berechnung von Wärmedurchgangskoeffizienten von Konstruktionen, die den wärmetechnischen Anforderungen entsprechen sollen, zeigt die Tabelle.

Von den vier Konstruktionen in der Tabelle 3.5. können 3 dargestellte konstruktive Lösungen als Außenwände von Gebäuden gebaut werden, weil sie den Wärmedurchgangsanforderungen von  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  entsprechen. Mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten von  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  können Durisol DSs 45/12 L Konstruktionen als Wandkonstruktionen von Passivhäusern dienen.

Bei den Durisol Produkten garantiert der Hersteller, dass die Eigenschaften der vertriebenen Produkte den Werten der Qualitätsunterlagen immer entsprechen. Die Wärmedämmfähigkeit vom Holzbeton und Polystyrol Hartschaum mit Graphit ist dadurch garantiert. Die Wahl der Füllbetonqualität und des Putzes (bzw. ob verputzt wird) für die Durisol Wandkonstruktionen gehört in den Aufgabenbereich der Planer, mit der Vorgabe, dass sie allen geltenden Anforderungen insgesamt entsprechen. Aus wärmetechnischer Sicht sollte die Wirkung von zwei **veränderbaren Faktoren** in Bezug auf den Wärmedurchgangskoeffizienten geprüft werden:

- Änderung der Festigkeit, der Dichte und somit des Wärmeleitkoeffizient des **Füllbetons**
- und die Wirkung des eventuellen Entfallens vom **Verputz**.

Wärmedurchgangskoeffizient U [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Durisol DMi 25/18 + gEPS	Durisol DSs 45/12 L
originale Konstruktion	0,235	0,139
mit Stahlbetonkern	0,238	0,140
ohne Verputz	0,236	0,140
mit Stahlbeton + ohne Verputz	0,239	0,140

Tabelle 3.6  
Auswirkungen von Änderungen auf den Wärmedurchgangskoeffizienten

Die Tabelle 3.6 zeigt, dass die Änderung des Füllbetons ( $\lambda=1,65$  W/mK) auf eine höhere Betonfestigkeit oder auf bewehrten Beton ( $\lambda=2,5$  W/mK) und/oder das eventuelle Entfallen des Verputzes den Wärmedurchgangskoeffizienten der Konstruktionen kaum ändert. Diese geringen Änderungen können aber in bestimmten Fällen dazu führen, dass die geltenden Werte der Anforderungen nicht erfüllt werden.

Eine ähnliche Änderung kann **das Dübeln der zusätzlichen Wärmedämmung** verursachen. Bei den oben angeführten Berechnungen wurde die Verwendung von 8 Stück durch die Isolierung gesteckten Kunststoffdübeln mit Unterlagscheiben pro  $m^2$  angenommen, die praktisch keine Wärmebrücke bilden ( $\Delta U_f=0.00$  W/m $^2$ K). Bei der Verwendung von Metalldübeln in einer ähnlichen Menge wird der Wärmedurchgangskoeffizient wesentlich verschlechtert ( $\Delta U_f=0.07$  W/m $^2$ K).

Bei der Vergleichsanalyse kann festgestellt werden, dass die Wandkonstruktionen, die mit Durisol Hochbauprodukten errichtet werden, ausgezeichnet den aktuellen wärmetechnischen Anforderungen entsprechen. **Der Kunde kann die Entscheidung** selber treffen, Produkte mit integrierter Wärmedämmung als eine „alleskönnende“ Wandkonstruktion zu wählen, oder die Durisol Konstruktion ohne integrierter Dämmung, als eine einfache Tragwerkslösung zu nehmen, und in diesem Fall die Außenwände mit einer den Anforderungen entsprechenden, äußeren Wärmedämmung zu errichten.

### 3.5 Wärmespeicherung

Bei den Gebäudekonstruktionen kann neben der Wärmedämmfähigkeit auch ihre **Wärmespeicherfähigkeit durch ihre Wärmeträgheit** eine wichtige Rolle bei der Konstruktionsauswahl spielen. Es sind bei diesem Thema noch keine Anforderungswerte vorhanden, deswegen wird das Thema auch in Fachkreisen seltener angesprochen. Die gute Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudekonstruktionen kann für das Erreichen von einer ausgeglichenen Innentemperatur im Winter, im Sommer und auch in den Übergangsperioden vorteilhaft sein. **Im Winter** wird der intermittierende Betrieb des Heizsystems und die Nutzung der passiven Sonnenenergie ermöglicht. **Im Sommer** erfolgt die Kühlung durch die Durchlüftung von Gebäuden während der Nacht. Die Wärmespeicherung spielt in den

Übergangsperioden auch eine große Rolle. Dank dieser Eigenschaft werden die Änderungen der Außentemperaturen nur **verzögert** und in einem kleineren Maß, also **reduziert** in den Räumen zu spüren sein.

Obwohl die Wärmeträgheit von der spezifischen Wärmekapazität der einzelnen Konstruktionsmaterialien abhängt, wird die Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden und Konstruktionen in der Praxis nach ihrer spezifischen wärmespeichernden Masse beurteilt. Die spezifische Wärmekapazität ( $c$ , J/kgK) ist eine ähnliche Eigenschaft der Materialien, wie der Wärmeleitkoeffizient, die angibt, welche Wärmeenergie (J, kJ) das Material (g, kg) aufnehmen muss, um seine Temperatur (um 1 °C, 1 K) zu erhöhen. Das Phänomen gilt auch umgekehrt, in diesem Fall gibt das Material Wärmeenergie durch die Reduzierung seiner Temperatur ab.

Tabelle 3.7  
Das spezifische Wärmespeichergewicht von Konstruktionen mit den Berechnungen nach der Norm MSZ EN ISO 13790:2008

	spezifisches Wärmespeichergewicht, kg/m <sup>2</sup>				spezifische Wärmekapazität, kJ/m <sup>2</sup> K			
	Leier- therm 30 N+F + gEPS	Durisol DMi 25/18 + gEPS	Durisol DSs 30/12 L	Durisol DSs 45/12 L	Leier- therm 30 N+F + gEPS	Durisol DMi 25/18 + gEPS	Durisol DSs 30/12 L	Durisol DSs 45/12 L
Gesamtkonstruktion	240	470	357	362	212	487	375	380
(1) Innenseite 10 cm	83	154	146	146	74	162	155	155
(2) Innerhalb der Konstr.	144	341	305	312	128	349	314	321
(3) bis zur Wärmedämmung	230	459	311	311	203	477	320	320
Wärmespeicherfähigkeit	83	154	146	146	74	162	155	155

**Das spezifische Wärmespeichergewicht** von Gebäudekonstruktionen wird gemäß der Norm EN ISO 13790:2008 berechnet. Danach ist bei äußeren Raumabgrenzungskonstruktionen entsprechend dem Schichtaufbau von der Innenseite ausgehend die Masse der Konstruktionsmaterialien für 1 m<sup>2</sup> Nutzflächeneinheit wie folgt zu berechnen: die Masse in einer Tiefe von (1) 10 cm, die Masse (2) bis zur Hälfte der Konstruktionsstärke und (3) bis zur Innenoberfläche der ersten effizienten Wärmedämmschicht ist zu bestimmen. Von den drei berechneten Werten ist das spezifische Wärmespeichergewicht das kleinste. Die Tabelle 3.7 stellt die Werte des spezifischen Wärmespeichergewichtes und der spezifischen Wärmekapazität der vier vorher beschriebenen Konstruktionsalternativen dar, die nach dieser Methode geprüft wurden.

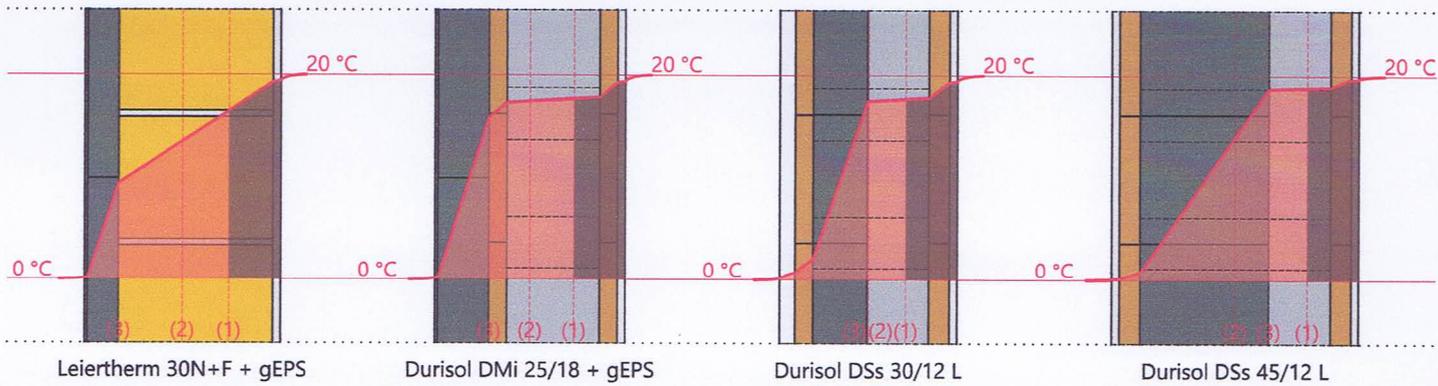


Abbildung 3.5  
Temperaturverlauf  
in den vier Wand-  
konstruktionen,  
20 °C Innen- und  
0 °C Außentemperatur.  
Aktiver Wärmespeicher-  
konstruktionsteil  
(1) innen 10 cm,  
(2) Innerhalb der  
Konstruktion,  
(3) bis zur ersten Wär-  
medämungsschicht.

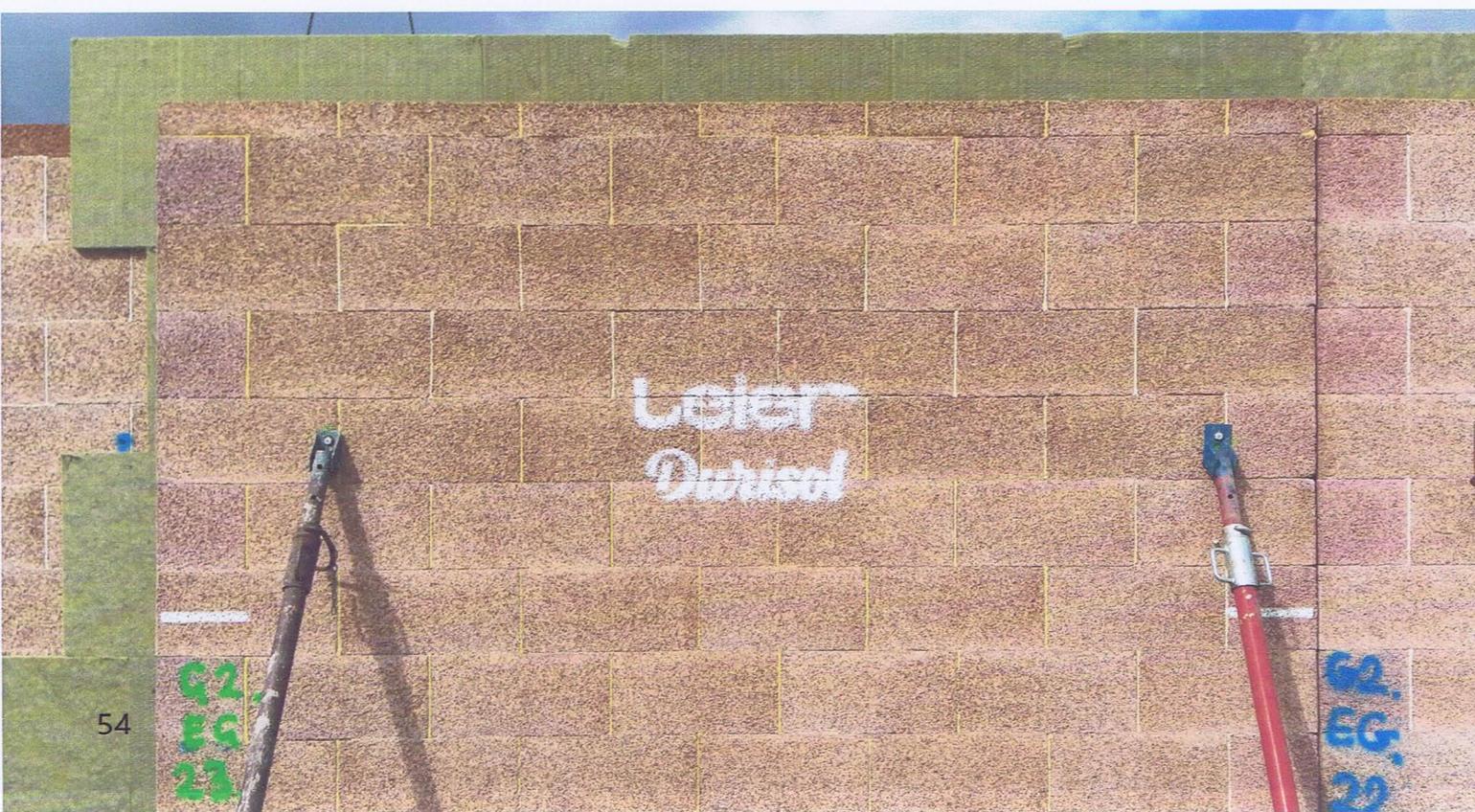
Aus den Daten ist es ersichtlich, dass das Wärmespeichergewicht von den geprüften Wandkonstruktionen die Berechnung nach der ersten Methode (1) angibt, d.h. die Innenseite der Konstruktion wird bei der Wärmespeicherung aktiv (bis zu einer Tiefe von 10 cm). Im Vergleich zum Wärmespeichergewicht der Wandkonstruktion mit Wandelementen aus **keramischen Mauersteinen** ist die Wärmespeicherfähigkeit der **Durisol** Schalungssteinwände in Bezug auf das spezifische Wärmespeichergewicht **fast das Doppelte**. All das kann mit dem Wärmespeichergewicht der Konstruktionsmaterialien erklärt werden: die Dichte der keramischen Mauerwerke ist  $683 \text{ kg/m}^3$ , dabei beträgt dieser Wert beim Füllbeton  $2200 \text{ kg/m}^3$ . Bei der Berücksichtigung der spezifischen Wärmekapazität der Konstruktionsmaterialien wächst der Vorteil von Durisol Wandkonstruktionen weiter: ihre spezifische Wärmekapazität ist **mehr als das Doppelte** im Vergleich zum Mauerwerk aus keramischen Mauersteinen. Es folgt daraus, dass die spezifische Wärmekapazität vom Holzbeton wegen der Holzzuschlagstoffe ( $c=1,50 \text{ kJ/kgK}$ ) viel größer ist, als die spezifische Wärmekapazität der keramischen Ziegel ( $c=0,88 \text{ kJ/kgK}$ ) und im Allgemeinen der konventionellen Baustoffe.

Die Bereiche unter den Temperaturkurven veranschaulichen eindeutig die Wärmespeicherfähigkeit in den Schichtkonstruktionen. Die Abbildung 3.5 stellt den **Temperaturverlauf** der vier geprüften Konstruktionen dar. Es können dabei die entstehenden Temperaturverhältnisse in den einzelnen Konstruktionsschichten bei einer Temperatur an der Innenseite (+20 °C) und an der Außenseite (0 °C) beobachtet werden. Die gestrichelten Linien mit der Bezeichnung (1) markieren eine Tiefe von 10 cm, die als aktiver Wärmespeicher nach der Norm gelten. Wenn die Bereiche unter dem Diagramm miteinander verglichen werden, ist der Vorteil der Durisol Konstruktionen in dieser Zone bei 10 cm klar zu entnehmen. Diese Abbildungen zeigen eindeutig, dass bei einer Wärmedämmung auf der Außenseite sowohl der Bereich unter dem Diagramm als auch die Wärmespeicherfähigkeit wächst.

**Die Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden** hängt nicht nur von den Eigenschaften der äußeren Wandkonstruktionen ab. Es spielen dabei häufig die Innenwände, Decken, Bodenkonstruktionen eine größere Rolle. Wenn die ausgeglichene Innentemperaturen garantiert werden sollen, ist es zweckmäßig diese Frage bei allen Konstruktionen zu prüfen, und sich darum zu bemühen, das Wärmespeichergewicht der Konstruktionen zu erhöhen. Wenn ein Gebäude geplant wird, wo die Innenräume nur periodisch genutzt werden, sollte die Wärmespeicherfähigkeit der Innenkonstruktionen minimiert werden.

Die Gebäude müssen gemäß der gültigen ungarischen gebäudeenergetischen Verordnung (7/2006. TNM) in die **Kategorien „leichte oder schwere Konstruktion“** eingeteilt werden. Diese Aspekte haben bei der Nutzung von passiver Solarenergie und Prüfung der Überhitzungsrisiken im Sommer bei der energetischen Berechnung eine große Bedeutung. Die Grundlage der Einordnung in die Kategorien ist das spezifische Wärmespeichergewicht pro Nettogrundfläche hinsichtlich aller Gebäudekonstruktionen (Innenwände, Decken, Böden). Die Schwerkonstruktionen haben ein spezifisches Wärmespeichergewicht von mindestens 400 kg/m<sup>2</sup>. Es ist leicht zu entnehmen, dass durch die Verwendung von Durisol Wandkonstruktionen die Wärmespeicherfähigkeit wächst, dadurch kann die Einordnung zu den Schwerkonstruktionsgebäuden leichter erreicht werden.

Abbildung 3.6  
Wohnungstrennwand  
mit Durisol 17/12  
Hohlwänden  
( $R_w=73$  dB)



## 3.6 Schalldämmung

Unsere Erwartungen in Bezug auf die Schalldämmung von Gebäudekonstruktionen beziehen sich auf den akustischen Komfort der Innenräume um Lärmintensität von außen und innen auf ein akzeptables Niveau zu dämpfen. Den Schutz gegen Lärm und Vibration zu sichern, wird nach der ungarischen Regierungsverordnung (OTÉK, 253/1997) als eine **vorrangige Aufgabe** angesehen, die „entsprechend den Vorschriften der geltenden nationalen Normen bzw. nach der mit denen gleichwertigen Regelungen“ zu verwirklichen ist. Diese Verordnung schreibt praktisch die Anwendung von zwei Normen vor. Bei Situationen innerhalb des Gebäudes – d.h. Schalldämmung zwischen den Räumen – sind die Anforderungen in der Norm MSZ 15601-1:2007, und beim Schallschutz der Fassaden in der Norm MSZ 15601-2:2007 enthalten.

Da die Zusammensetzung der vor Lärm zu schützenden Räume, der Lärmquellen und der vor Lärm nicht zu schützenden Räume in fast allen Planungsaufgaben ziemlich unterschiedlich ausfällt, ist es wichtig, die **zu realisierenden akustischen Anforderungen** gegenüber den einzelnen Konstruktionen zu bestimmen. Zu dieser Aufgabe bietet die Montageanleitung „Wandelemente“ der Firma Leier eine effektive Hilfe mit der Zusammenfassung von Kenntnissen, und der Aufstellung der wichtigsten Anforderungen.

Bei Wandkonstruktionen gelten unsere Erwartungen im allgemeinen dem **Luftschallschutz**, der die Isolierfähigkeit gegen sich in der Luft ausbreitende Schallwellen (Luftschall) bedeutet und mit dem Schalldämm-Maß der Konstruktionen beschreiben wird. Die Beurteilung von Konstruktionen ist durch Labormessungen an isolierten Musterstücken möglich, die immer ein besseres Ergebnis im Vergleich zu den Verhältnissen vor Ort haben, da bei dem Einbau Schallbrücken entstehen. Die Lärmeinwirkung und die Schallschutzfähigkeit der Konstruktionen müssen im gesamten Frequenzbereich geprüft werden, und das Ergebnis ist unter Anwendung des Bewertungsfilters „A“, der die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs berücksichtigt, anzugeben.

Die an Wandkonstruktionen gestellten Anforderungen zur **Schalldämmung** können normale oder erhöhte sein:

- $R'_w + C$  oder  $R'_w + C_{tr}$ : Anforderung für das gewichteten Schalldämm-Maß vor Ort mit Spektrum-Anpassungswerten zum Wohnungsgebrauchslärm oder Verkehrslärm;

Tabelle 3.8  
Schalldämmeigenschaften  
der geprüften  
Konstruktionen

	$R_w$ gewichtetes Schalldämm- Maß der Ausgangs- konstruktion im Labor	$R_w+C$ mit dem Spek- trum-Anpas- sungswert, der den Wohnungs- gebrauchslärm beschreibt	$R_w+C_{tr}$ mit dem Spektrum- Anpassungs- wert, der den Verkehrslärm beschreibt	$\Delta R_w$ geschätzte Veränderung durch die Wärmedäm- mung auf der Außenseite	$R_{w, min}$ schlech- tester Wert
Leiertherm 30 N+F + 6 cm gEPS	46 dB	45 dB	43 dB	-3 dB	40 dB
Durisol DMi 25/18 + 10 cm gEPS	61 dB	58 dB	55 dB	-3 dB	52 dB
Durisol DSs 30/12 L	49 dB	48 dB	45 dB	-	45 dB
Durisol DSs 45/12 L	49 dB	48 dB	45 dB	-	45 dB

- $R_w+C$  oder  $R_w+C_{tr}$ : Anforderung für das gewichteten Schalldämm-Maß im Labor, mit Spektrum-Anpassungswerten zum Wohnungsgebrauchslärm oder Verkehrslärm;
- $\Delta R_w$ : die Anforderungen sind im Falle von Gebäuden mit gemischten Funktionen bei einzelnen geschützten Räumen weiter zu erhöhen.

Die Schallschutzfähigkeit der konventionellen **Ziegelblöcke** zeigt einen Zusammenhang einerseits mit dem spezifischen Gewicht (größeres Gewicht, besserer Schallschutz), andererseits mit der inneren Konstruktion der Wandelemente (Vibrationspotenzial der Struktur des Blockes). Bei dieser Bauweise werden statt Konstruktionen mit höheren Schalldämmungsanforderungen im Allgemeinen Wände aus Wandelementen gebaut, die speziell als Schalldämmungswände entwickelt wurden. Als Beispiel ergibt sich das Schalldämm-Maß ( $R_w$ ) der LeierPlan Mauerwerke zwischen 40 und 44 dB, für Leiertherm zwischen 42 und 48 dB. Die Schalldämmungssteine der Produktfamilie der keramischen Ziegel haben dagegen die Schalldämmwerte 53, 56 und 59 dB, die auch als Wohnungstrennwände eingebaut werden können.

Die Schalldämmfähigkeit von **Durisol** halbmonolithischen Holzbeton-Schalungssteinwänden ergibt sich durch das spezifische Gewicht der Konstruktionen. Da das Gewicht von Holzbeton fast dem Gewicht der Wände aus keramischen Ziegeln gleicht und das Gewicht vom Füllbeton diesen wesentlich übersteigt, ist die Schalldämmung dieser Konstruktionen bedeutend besser, als die der Wand aus keramischen Ziegelblöcken. Die Innenkonstruktion von Scha-

lungssteinwänden ist massiv, deshalb ist sie schwerer in Schwingungen zu versetzen. Das Schalldämm-Maß von Wänden der Durisol Produktfamilie liegt zwischen ( $R_{w}$ ) 49 und 63 dB bei den Labormessungen, was bedeutet, dass fast alle Wandkonstruktionslösungen daraus als Schalldämmungskonstruktionen verwendet werden können. Es sei hier jedoch vermerkt, dass hier die verändernde Wirkung von Spektrum-Anpassungswerten im Vergleich zu Wänden aus keramischen Mauerblöcken den Labormessungen nach bedeutsamer ist. An die vier geprüften Raumabgrenzungswände werden im Allgemeinen keine besonderen akustischen Anforderungen gestellt. Ihre Eigenschaften bei der Schalldämmung sind in der Tabelle 3.8 dargestellt.

Die Schalldämmungsfähigkeit von Außenwänden wird durch die **Wärmedämmung** beeinflusst, die in den Wänden, oder außen zu finden ist. Die Schalldämmung von Gebäuden kann durch Wärmedämmungen mit Polystyrol-Schaum um bis zu 3 dB verschlechtert, durch Wärmedämmungen aus Steinwolle aber bis zu 5 dB verbessert werden. Die verschlechternde Wirkung von Polystyrol Einlagen kann bei den Labormessungen der Wandkonstruktionen der Wandstärken 30 und 45 cm mit integrierter Polystyrol-Dämmung beobachtet werden. Wird eine Außenwand mit einer herausragenden Schalldämmung geplant, kann sich eine Grundkonstruktion aus Durisol Schalungssteinen mit großem spezifischen Gewicht und einer Steinwolle-Wärmedämmung auf der Außenseite als die richtige Wahl erweisen.

Eine andere vorteilhafte akustische Eigenschaft von Durisol Wandkonstruktionen ist die **herausragende Schallabsorptionsfähigkeit**

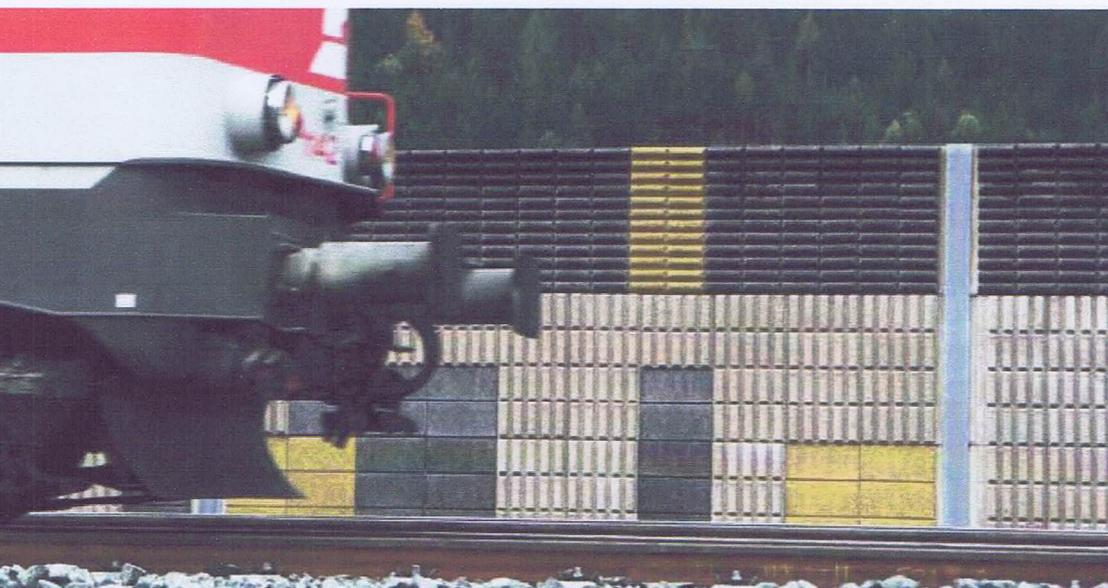


Abbildung 3.7  
Die Durisol Lärmschutzwände bestätigen die herausragende Schallabsorptionsfähigkeit von Holzbeton, mit den farbigen und strukturierten Elementen können vielfältige Oberflächen – sogar in Innenräumen – gestaltet werden

vom Holzbeton. Diese Eigenschaft wird am besten bei den Durisol Lärmschutzwänden ausgenutzt, die entlang der Landstraßen und Bahngleise ziemlich verbreitet sind, um den Verkehrslärm zu absorbieren und zu stoppen. Die Schallabsorptionsfähigkeit einer Konstruktion hängt wesentlich von der Oberflächengestaltung und der Materialstruktur ab. Durch das Eindringen vom Schall in die poröse Struktur des Durisol Holzbetons geht ein wesentlicher Teil vom Schall verloren und wird in Wärmeenergie umgewandelt. Dieses kann durch die Anwendung von Holzbeton ohne Verputz am effektivsten verwirklicht werden. Die Oberflächen von Lärmschutzwänden werden häufig mit wellenförmigen Schalungssteinen gestaltet, um die Schallabsorptionswirkung zu steigern. Die Schallreduzierung durch Absorption kann nach den Messungen bis zu 15 dB betragen. Die herausragende Schallabsorptionsfähigkeit vom Durisol Holzbeton ermöglicht das Abschirmen von Bereichen der Lärmquellen mittels Schalungssteinwänden, sogenannter Lärmschutzwände. Hier gibt es die Möglichkeit das Material zu färben und/oder mit der Oberflächengestaltung der Schalungssteine ein ästhetisches Erscheinungsbild zu gestalten.

### 3.7 Wasseraufnahme

Die Leiertherm **keramischen Ziegelblöcke** sollten an Stellen, die vom Wasser gefährdet sind nicht eingebaut werden, d.h. sie dürfen nur mit vollständiger Abdichtung gegen Feuchtigkeit zum Bau von Wandkonstruktionen eingesetzt werden. Ihre Angaben zur Wasseraufnahme sind deswegen nicht relevant. Ein Vergleich mit den Durisol Produkten zu erstellen ist genau deswegen schwierig, weil die Keramikprodukte andere Prüfungsverfahren erfordern (d.h. unter der Wasseraufnahme wird nicht einmal der gleiche Vorgang verstanden). Es können nur ihre Eigenschaften in Bezug auf das Verhalten gegen Feuchte miteinander verglichen werden.

Aufgrund von Laborergebnissen kann festgestellt werden, dass die Wasseraufnahme der Leiertherm 30 N+F porösen keramischen Ziegelblöcke 22 m/m%, die anfängliche Wasseraufnahme (ihre eigentliche Wasseraufnahmefähigkeit) 2,1 kg/m<sup>2</sup> beträgt. Im Vergleich zu den meisten Baustoffen sind diese Werte ziemlich hoch. Es ergibt sich daraus, dass die porösen Keramikmauerblöcke nicht als frostbeständig angesehen werden können.

**Die Durisol Schalungssteine** verhalten sich wegen ihrer Materialzusammensetzung bei Feuchtigkeit ganz anders. Sie sind wegen des organischen Zusatzstoffes aus Holzspänen gegen eine Feuchtigkeitwirkung und Änderungen des Luftfeuchtigkeitsgehaltes viel unempfindlicher. Dank dem verwendeten Holzmaterial enthalten die Schalungssteine auch in einem natürlichen lufttrockenen Zustand Feuchtigkeit, der Wert liegt bei 5 V/V% bzw. 10 m/m%. Dieser Wert ändert sich in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit (Tabelle 3.9).

Die Wasseraufnahmefähigkeit der Durisol Produkte wurde im Labor mit der Methode vom teilweisen Eintauchen (für 2, 8 und 32 Tage) in Wasser auch untersucht. Es wurde die Stärke der Durchfeuchtungszone und die Höhe des kapillaren Wasseransaugens gemessen. Es wurde festgestellt, dass das Maß der Wasseraufnahme stark von der Materialdichte abhängt. Bei der Prüfung ist man zu dem Schluss gekommen, dass die maximale Höhe der durchfeuchteten Zone 4,0 cm, der Maximalwert der Steighöhe der Feuchtigkeit 10,0 cm war (Tabelle 3.10).

Aufgrund des geringen Ausmaßes der Durchfeuchtungszone, sowie der niedrigen Wasseraufnahme bei dauerhafter Feuchtigkeitwirkung kommen wir zu dem Ergebnis, dass die Durisol Schalungssteine im Vergleich zu den porösen keramischen Ziegelblöcken **erfolgreicher in Fällen verwendet werden können, in denen sie einer verstärkten Feuchtigkeitseinwirkung ausgesetzt sind;** vorausgesetzt die entsprechende Lüftung ist garantiert und die Wände müssen nicht unbedingt verputzt werden (z.B.: Industrie- oder landwirtschaftliche Bauten). In diesem Fall kann die Feuchtigkeit die Wandkonstruktion relativ schnell verlassen, die Trocknungszeit wird somit kürzer. Der gleiche Vorgang nimmt bei den Keramikwänden wesentlich mehr Zeit in Anspruch.

### 3.8 Luftfeuchtigkeitshaushalt

Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl der Leiertherm 30 N+F Hohlblockziegel ändert sich zwischen ( $\mu$ ) 5-10, diese Zahl bei Durisol Schalungssteinen beträgt lediglich 2-6. Es kann also festgehalten werden, dass die **Luftfeuchtedurchlassfähigkeit** der Durisol Schalungssteine doppelt so groß ist als bei den geprüften Keramikwandelementen. Es muss beachtet werden, dass die aus Durisol Schalungssteinen errichtete Wandkonstruktion Beton, in bestimm-

Tabelle 3.9  
Die Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes der Durisol Produkte in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit

Relative Luftfeuchtigkeit	Feuchtigkeitsgehalt	
	m/m%	V/V%
35%	9	5
50%	11	6
80%	13	7,5
90%	16	10

Tabelle 3.10  
Die Wasseraufnahme der Durisol Produkte in Abhängigkeit von der Feuchtigkeitwirkungsdauer

Feuchtigkeitwirkungsdauer (Tage)	Durchfeuchtungszone (cm)	Steighöhe der Feuchtigkeit (cm)
2 Tage	1,5-2,5	3-7
8 Tage	2,0-3,5	7-10
32 Tage	3,5-4,0	9-10

ten Fällen sogar auch eine integrierte Wärmedämmung enthält, die unterschiedliche Luftfeuchtedurchlassfähigkeiten aufweisen. Bei der Prüfung der kompletten Wandkonstruktion wird der oben angeführte Wert nur bei den Durchgangsstegen verwendet, an den übrigen Stellen sind Luftfeuchtigkeitsberechnungen notwendig.

Der Vorteil der Durisol Schalungssteine im Vergleich zu den Keramikmauerziegeln zeigt sich eher in der Materialzusammensetzung, weil die Holzbetonschicht eine hervorragende Luftfeuchtigkeitsableitung sichert. Der Grundstoff der Durisol Schalungssteine ist fähig, seinen Feuchtigkeitsgehalt in Abhängigkeit des Luftfeuchtigkeitsgehaltes zu ändern. Das hat zur Folge, dass Durisol Steine bei einem höheren Luftfeuchtigkeitsgehalt die Feuchtigkeit leichter aufnehmen und bei einem niedrigeren Luftfeuchtigkeitsgehalt die Feuchtigkeit schnell abgeben, d.h. sie sind fähig, **den Luftfeuchtigkeitsgehalt der Raumlucht zu regeln**. Der Luftfeuchtigkeitsgehalt von Innenräumen wird dadurch effektiv ausgeglichen; die Temperatur im Zimmer und der Gleichgewichtszustand vom Luftfeuchtigkeitsgehalt garantieren eine gesunde Atmosphäre und ein angenehmes Gefühl. Ein weiterer Vorteil der Durisol Schalungssteine ist im Vergleich zu den Keramikmauerziegeln, dass ihre Wärmedämmung durch die Feuchtigkeit kaum verändert wird und es erfolgt keine Formänderung.

### 3.9 Maßtoleranzen

Die Herstellungsmaße (Breite, Länge, Höhe) der **Leiertherm 30 N+F** keramischen Mauerblöcke sind 250×300×238 mm, dazu gehört eine Maßtoleranz von  $\pm 4$  mm. Zur Mittelwert-Toleranz gehört auch eine Toleranzanforderung in Bezug auf den Maßbereich, dessen Maximalwert 5 mm ist. Die Maßtoleranz der **Durisol** Schalungssteine ist bezüglich der Breite und Länge  $\pm 5$  mm, bei der Höhe  $\pm 3$  mm. Es gelten für die Aushöhlungen, die für den Betonkern geformt sind und für die Stärke der Stege, die die äußeren und inneren Holzbetonschalen miteinander verbinden Maßtoleranzvorschriften. Der Wert ist bei dem ersteren max. +10 mm, bei dem letzteren max. -3 mm.

Es kann also festgestellt werden, dass die **Maßtoleranz bzgl. der Höhe** der Durisol Schalungssteine im Vergleich zu den Keramikmauerziegeln zuverlässiger ist. Wichtigster Grund dafür: während die Maßungenaugigkeiten der keramischen Ziegel mit der hori-