

Office for mud technologies and natural building materials,  
Communication and integrated design process

Energieapéro, FHNW Basel, 16.11.2010

Lehm und Stroh

Lehm – Ein moderner Baustoff

Dr.-Ing. Christof Ziegert



Office for mud technologies and natural building materials,  
Communication and integrated design process

Energieapéro, FHNW Basel, 16.11.2010

Lehm und Stroh

Lehm – Ein moderner Baustoff

Dr.-Ing. Christof Ziegert

- Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international
- Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm
- Gibt es anerkannte Normen zum Lehmbau?
- Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?
- Wie beeinflusst Lehm das Raumklima?



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Lehmwellerbauten:

Normandie, Frankreich

Sachsen, Deutschland



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Lehmsteinbauten: Babo-Dioulasso, Burkina Faso



Shibam, Jemen



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Emergency Conservation  
Al Damarki Tower, Al Ain, UAE



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Rehabilitation

Al Jahili Fort, Al Ain, UAE



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Rehabilitation  
Al Ain, UAE



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Rehabilitation  
Al Ain, UAE



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauliches Erbe und dessen Pflege



Rehabilitation  
Al Ain, UAE



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauen in der Entwicklungszusammenarbeit

Ableitungen aus der Tradition:  
Meti School, Rudrapur, Bangladesch



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauen in der Entwicklungszusammenarbeit

Ableitungen aus der Tradition:  
Meti School, Rudrapur, Bangladesch



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauen in Europa

Bewusster Einsatz aufgrund raumklimatischer und ästhetischer Qualitäten



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauen in Europa

Bewusster Einsatz aufgrund raumklimatischer und ästhetischer Qualitäten



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die Entwicklung des modernen Lehmbaus international  
Bauen in Europa

Bewusster Einsatz aufgrund raumklimatischer und ästhetischer Qualitäten



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Gibt es anerkannte Normen zum Lehmbau?

Warum Regeln, Normen und Technische Merkblätter im Lehmbau?

- Höhere Sicherheit und Verringerung des Streitpotentials für alle Beteiligten (Hersteller, Handel, Verarbeiter, Planer, Sachverständige und Nutzer)
- Ausweitung der Anwendungsgebiete



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Gibt es anerkannte Normen zum Lehmbau?

Wie hat sich die 1998 erfolgte Einführung der Lehm Bau Regeln auf den Lehm Bau in Deutschland ausgewirkt?

- Akzeptanz und Anwendung des Lehmbaus erheblich gestiegen
- Keine Einschränkung von Baustellenmischungen
- Keine Einschränkung kreativer Anwendungen
- Starke Zunahme des Exports von Lehm Baustoffen ins Ausland (das Fehlen von Europäischen Normen wirkt zunehmend als Hemmnis!)

Die Entwicklung des Lehmbaus in Deutschland wird im Ausland scheinbar als beispielgebend angesehen

- Überarbeitete Fassung der Lehm Bau Regeln im Februar 2008 vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen aufgenommen (Liste C, Sonstige Bauprodukte). Mittelfristige Auflage durch das DIBt: Erarbeitung von DIN-Normen für industriell hergestellte Lehm Baustoffe durch den Dachverband Lehm e.V.

# Lehm – Ein moderner Baustoff

Gibt es anerkannte Normen zum Lehmbau?

Mittelfristige Auflage durch das DIBt: Erarbeitung von DIN-Normen für industriell hergestellte Lehmbaustoffe durch den Dachverband Lehm e.V. (DVL)

- Am 1.4.2008 Start des Projektes „StandardLehm“ an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Inhalt: Reihenuntersuchung an ausgewählten industriell hergestellten Lehmbaustoffen (Putze, Lehmsteine, Ausgangsstoff Baulehm), Textentwürfe für DIN-Normen als Zuarbeit für die Normungsarbeit des Dachverband Lehm e.V.
- 23.11.2010: Beschluss der vorliegenden und durch den Beirat Normung des DVL diskutierten Normentwürfe. Herausgabe und Diskussion an die interessierte Fachöffentlichkeit
- 22.01.2010: Abschlussdiskussion in Weimar und Beschluss der Entwürfe durch den DVL
- anschließend: Einrichtung eines Normenausschusses beim DIN durch den DVL
- voraussichtlich 2012 Einführung der Normen durch das DIN/DIBt
- 201?: Europäische Harmonisierung der Normen zum Lehmbau mit dem Ziel Euro Code (EC)
-

# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung als Grundlage für die Normungsarbeit.

Beispiel: Versuche zur Einstufung in die Anwendungsklassen von Lehmsteinen

## 4 Anwendungsklassen

Lehmsteine werden entsprechend ihres Anwendungsbereiches in Anwendungsklassen (AK) eingeteilt (Tab.1).

**Tabelle 1 – Anwendungsklassen von Lehmsteinen**

Spalte	1	2
Zeile	Anwendungsbereich	Anwendungsklasse (AK)
1	Verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk von Sichtfachwerkwänden	I a
2	Durchgängig verputztes, der Witterung ausgesetztes Außenmauerwerk	I b
3	Verkleidetes, witterungsgeschütztes Außenmauerwerk, Innenmauerwerk	II
4	Trockene Anwendungen (z.B. Deckenfüllungen, Stapelwände)	III

# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung als Grundlage für die Normungsarbeit.

Beispiel: Versuche zur Einstufung in die Anwendungsklassen von Lehmsteinen

Kontaktversuch simuliert Putzauftrag (0,5 g/cm<sup>2</sup>)



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung als Grundlage für die Normungsarbeit.

Beispiel: Versuche zur Einstufung in die Anwendungsklassen von Lehmsteinen

Saugversuch simuliert in die Gefachfuge eindringenden Schlagregen



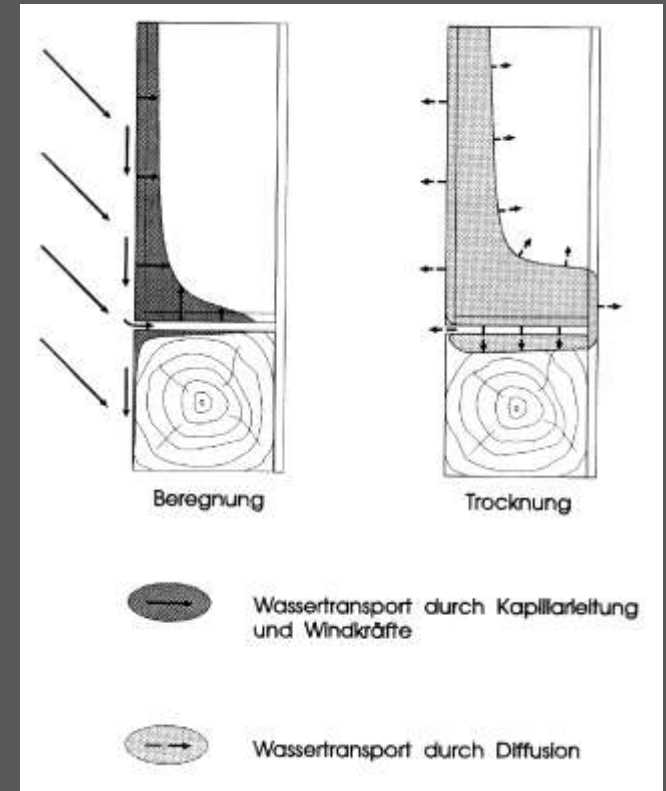
# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung als Grundlage für die Normungsarbeit.

Beispiel: Versuche zur Einstufung in die Anwendungsklassen von Lehmsteinen

Saugversuch simuliert in die Gefachfuge eindringenden Schlagregen



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung als Grundlage für die Normungsarbeit.

Beispiel: Versuche zur Einstufung in die Anwendungsklassen von Lehmsteinen

Saugversuch simuliert in die Gefachfuge eindringenden Schlagregen



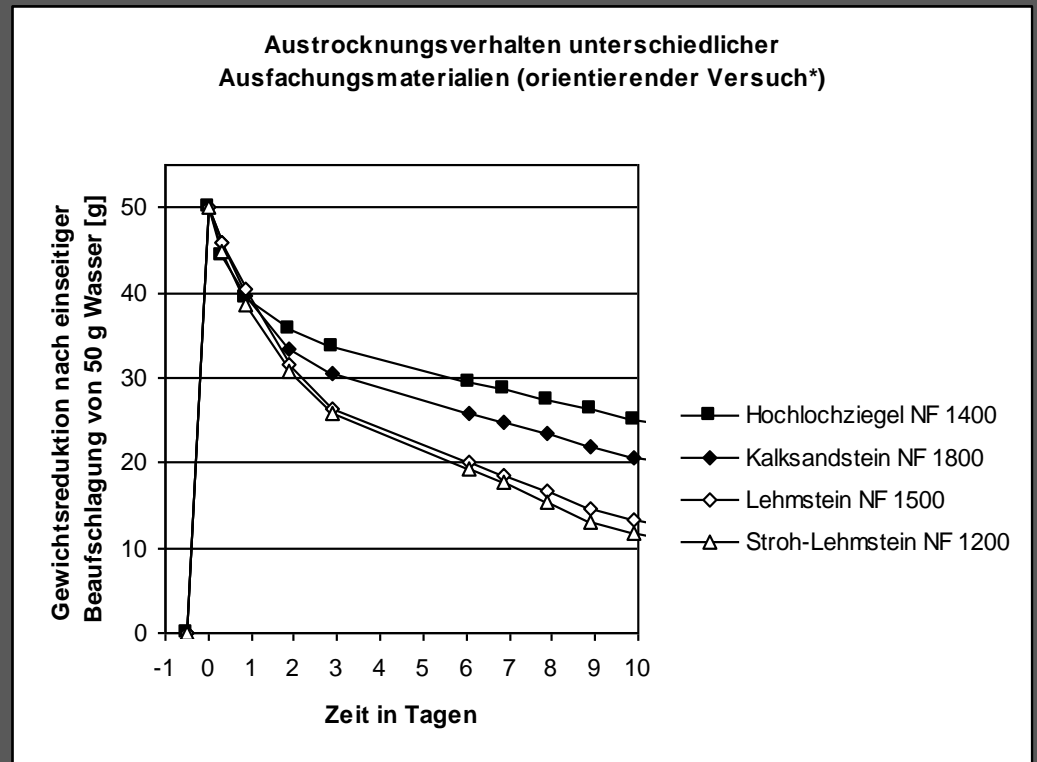
# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung als Grundlage für die Normungsarbeit.

Beispiel: Versuche zur Einstufung in die Anwendungsklassen von Lehmsteinen

Saugversuch simuliert in die Gefachfuge eindringenden Schlagregen



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Die aktuelle Forschung zum Baustoff Lehm

Forschung an globalen Problemen im Lehmbau:

EU-Forschungsprojekt NIKER

„New Integrated Knowledge based approaches to the protection of cultural heritage from Earthquake-induced Risk“

As a specialist in earthen architecture, ZRS is one of the 18 Beneficiaries of the NIKER Project, a collaborative EC project between Universities, Research Centres, Consultants and Industry representatives.



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Schallschutz: schallabsorbierend da niedriger dynamischer E-Modul

Akustik: „weich“, geringer Hall

<b>Vorsatz-Schalen</b>	Hohlraum	Grünlinge	Dämmstoff	Dämmwolle
Zwischenraum 6 cm	8 dB	8 dB	21 dB	25 dB
Zwischenraum 8 cm	10 dB	11 dB	23 dB	27 dB
Zwischenraum 10 cm	12 dB	15 dB	25 dB	29 dB
<b>Trennwände</b>				
Zwischenraum 6 cm	47 dB	46 dB	51 dB	54 dB
Zwischenraum 8 cm	49 dB	48 dB	53 dB	56 dB



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Schallschutz: schallabsorbierend da niedriger dynamischer E-Modul

Akustik: „weich“, geringer Hall



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Brandschutz:  
hervorragende brandhemmende Eigenschaften  
(bisher wenige Bauteilversuche)



## **Nichtbrennbar (Baustoffklasse A)**

Lehm und Lehmbaustoffe mit mineralischen Zuschlägen wie Sand, Kies, Splitt sowie mineralische Leichtzuschlägen. <sup>1)</sup>

Lehmbaustoffe mit lehmbaugerechten Beimischungen pflanzlicher Faserstoffe mit einer Rohdichte 1700 kg/m<sup>3</sup> <sup>2)</sup> oder <sup>3)</sup>

<b>Zuschlag</b>	<b>Rohdichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>
Stroh	>1200
Holzhackschnitzel	>1400
Sägespäne	>1600
Sägemehl	> 2000

## **Schwerentflammbar (Baustoffklasse B1) <sup>3)</sup>**

Lehmbaustoffe mit pflanzlichen Zuschlägen

Stroh	> 600
Holzhackschnitzel	> 800
Hanf, Flachsschäben	> 600

## **Normalentflammbar (Baustoffklasse B2) <sup>3)</sup>**

Wird von allen üblichen Dichten im Leichtlehm-bau mit pflanzlichen Zuschlägen erreicht.

# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Brandschutz:  
hervorragende brandhemmende Eigenschaften  
(bisher wenige Bauteilversuche)



## **Feuerwiderstandsklasse von Wänden aus Lehmbaustoffen**

### **F 90 A**

#### **Massive Wände**

Massive gemauerte, *gewellte* oder gestampfte Lehmwände (der Baustoffklasse A) einer Dicke von 25 cm<sup>1)</sup>

### **F 30 B**

#### **Fachwerkwände mit ausgefüllten Gefachen**

Bedingungen: Holzquerschnitte mind. 100x100 mm bei 1seitiger, mind. 120x120 mm bei 2seitiger Brandbeanspruchung, Ausfüllung mit Lehmschlag (Strohlehmausfachung), mindestens einseitige Bekleidung, z.B. mit 15 mm Putz<sup>2)</sup>

# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Brandschutz:  
hervorragende brandhemmende Eigenschaften  
(bisher wenige Bauteilversuche)



## **Feuerwiderstandsklasse von Wänden aus Lehmbaustoffen**

### **F 90 A**

#### **Massive Wände**

Massive gemauerte, *gewellte* oder gestampfte Lehmwände (der Baustoffklasse A) einer Dicke von 25 cm<sup>1)</sup>

### **F 30 B**

#### **Fachwerkwände mit ausgefüllten Gefachen**

Bedingungen: Holzquerschnitte mind. 100x100 mm bei 1seitiger, mind. 120x120 mm bei 2seitiger Brandbeanspruchung, Ausfüllung mit Lehmschlag (Strohlehmausfachung), mindestens einseitige Bekleidung, z.B. mit 15 mm Putz<sup>2)</sup>

# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Feuchteschutz: nicht feuchte- und frostfest!



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Feuchteschutz: nicht feuchte- und frosthfest!



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Feuchteschutz: nicht feuchte- und frostfest!



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm?

Feuchteschutz: hoch kapillaraktiv → ideal für Innendämmung ohne Dampfsperre

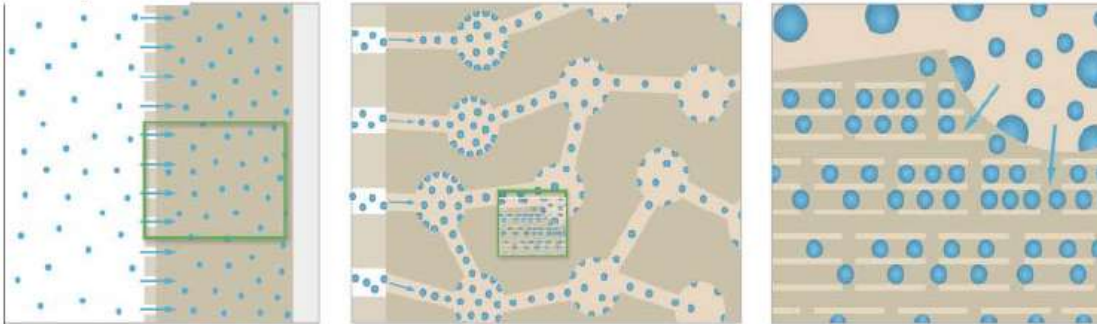


# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm? Wie beeinflusst Lehm das Raumklima?

Feuchteschutz: sehr hohe Luftfeuchtesorption

Lehmputze

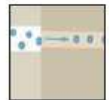


Grafische Darstellung der Luftfeuchtesorption von Lehmputzen und Nicht-Lehmputzen

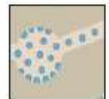
Wasserdampfmoleküle in der Raumluft



Anstrich auf Lehmputz



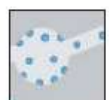
Pore, Porenkanal und Feststoff Lehmputz



Anstrich auf Nicht-Lehmputz

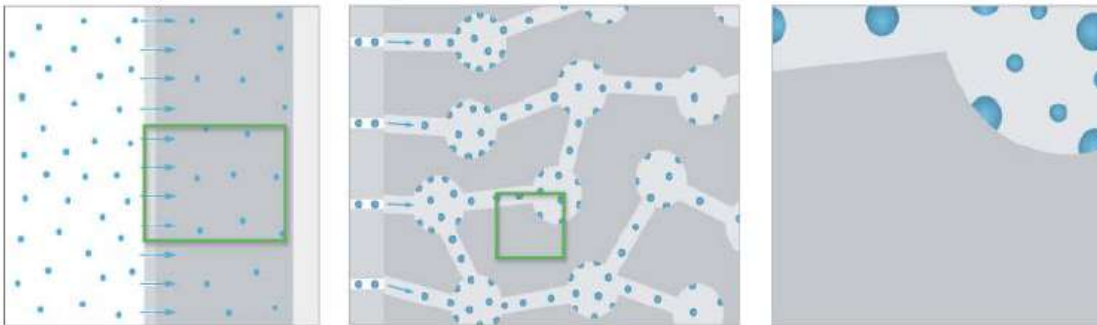


Pore, Porenkanal und Feststoff Nicht-Lehmputz



Grafik Claytec, Christiane Liebert

Nicht-Lehmputze



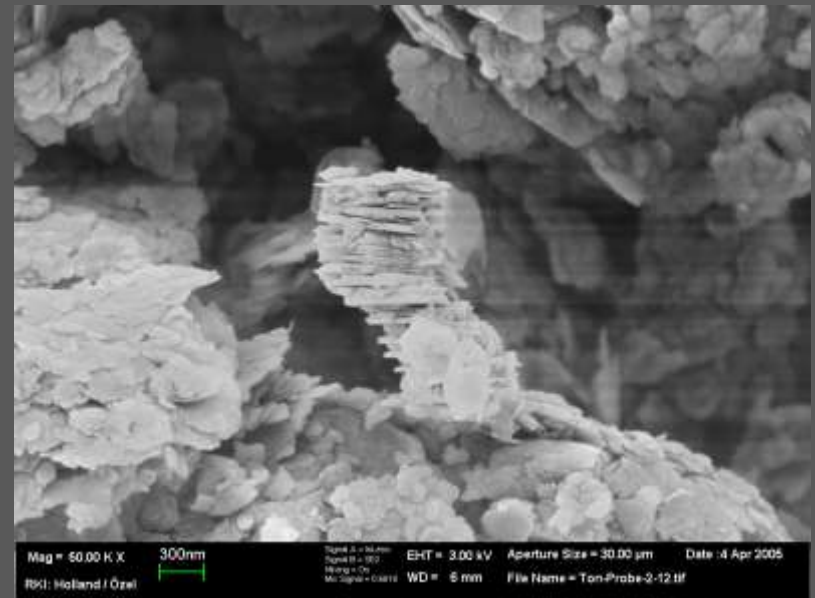
# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm? Wie beeinflusst Lehm das Raumklima?

Feuchteschutz: sehr hohe Luftfeuchtesorption

Quellfähige Dreischichttonminerale:

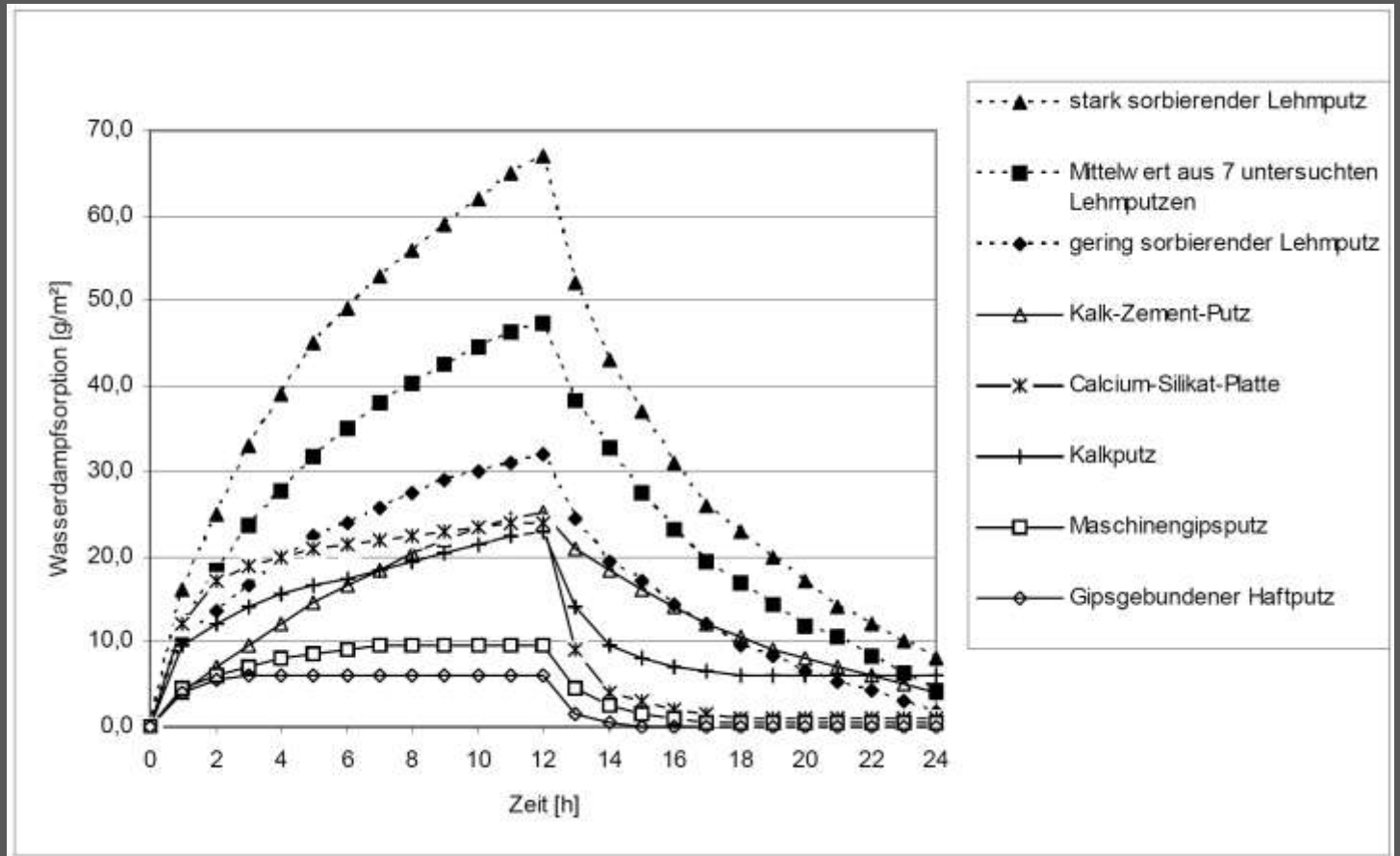
- Spezifische Oberfläche bis zu 1000 m<sup>2</sup>/g
- Plättchenoberfläche elektrisch geladen
  - Anziehung → Festigkeit
  - Sorption von Wasserdampf- und Schadstoffmolekülen



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm? Wie beeinflusst Lehm das Raumklima?

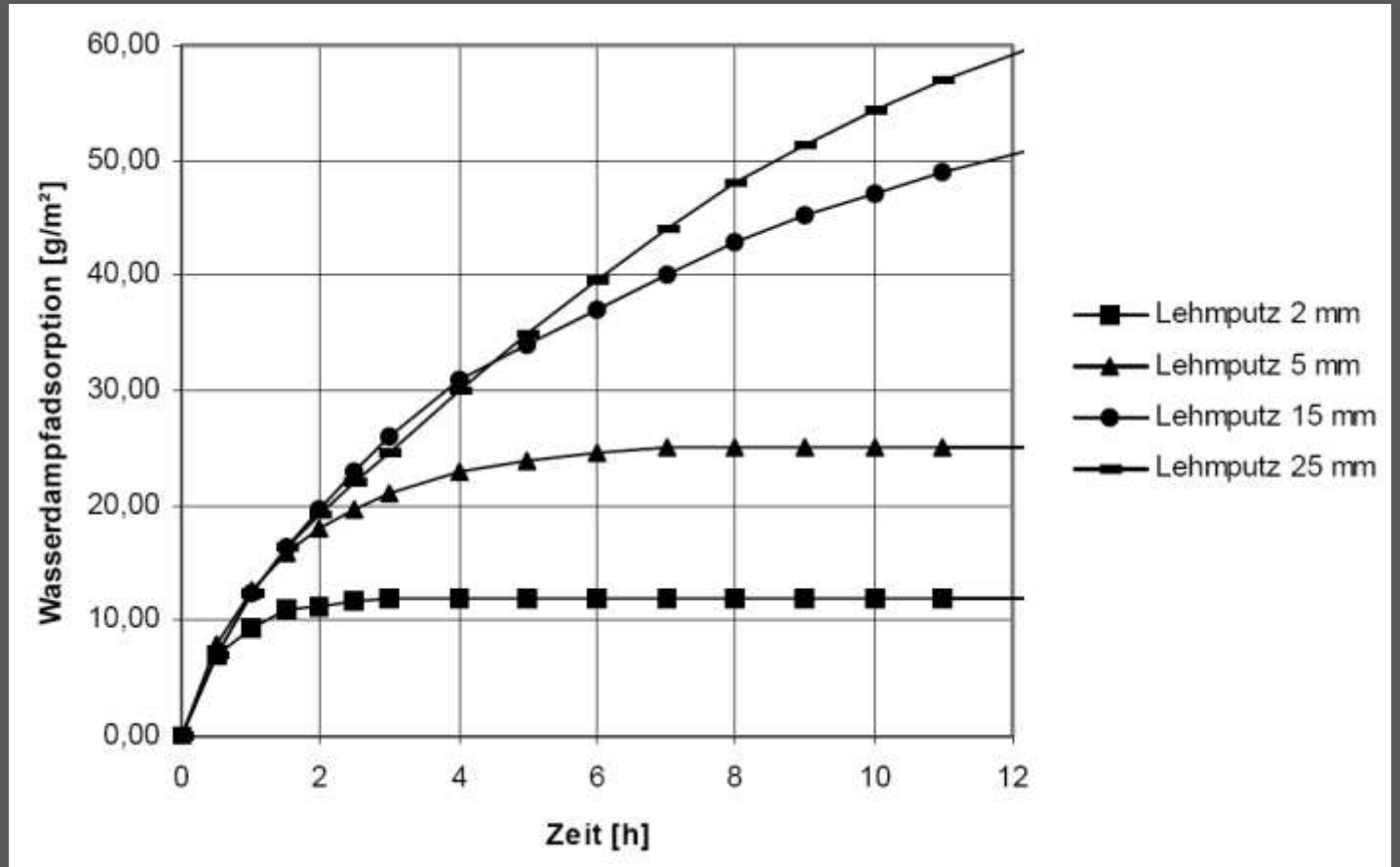
Feuchteschutz: sehr hohe Luftfeuchtesorption



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm? Wie beeinflusst Lehm das Raumklima?

Feuchteschutz: sehr hohe Luftfeuchtesorption



# Lehm – Ein moderner Baustoff

Welche bauphysikalischen Eigenschaften hat Lehm? Wie beeinflusst Lehm das Raumklima?

Feuchteschutz: sehr hohe Luftfeuchtesorption

- Raumluftqualität:

→ Steigerung von Behaglichkeit und Wohngesundheit durch Vermeidung zu trockener und zu feuchter Raumluft

- Feuchteschutz des Bauwerkes

→ Verringerung des Risikos von Oberflächen-Tauwasser bei Feuchtespitzen (Schimmelvermeidung)

→ Erhöhung der Lüftungsflexibilität (zeitliche Toleranz zur Ablüftung der Feuchte)

→ Verringerung der Austrocknung von Holzbauteilen, Mobiliar etc. während des Hochheizens

:

Office for mud technologies and natural building materials,  
Communication and integrated design process

Energieapéro, FHNW Basel, 16.11.2010

Lehm und Stroh

Lehm – Ein moderner Baustoff

Dr.-Ing. Christof Ziegert



Office for mud technologies and natural building materials,  
Communication and integrated design process

Energieapéro, FHNW Basel, 16.11.2010

Lehm und Stroh

Lehm – Ein moderner Baustoff

Dr.-Ing. Christof Ziegert

