

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | Entwicklung des Lehmhaus | 1 |
| 1.1 | Historische Wurzeln des Bauens mit Lehm | 2 |
| 1.2 | Lehmarchitektur als kulturelles Erbe | 9 |
| 1.3 | Historische Entwicklung des Lehmhaus in Deutschland | 10 |
| 1.4 | Lehmhaus heute – ökologische und wirtschaftliche Aspekte | 19 |
| 1.4.1 | Nachhaltiges Bauen | 19 |
| 1.4.1.1 | <i>Roh- und Baustoffe</i> | 20 |
| 1.4.1.2 | <i>Baukonstruktionen</i> | 21 |
| 1.4.1.3 | <i>Umfeld</i> | 22 |
| 1.4.2 | Lebenszyklus und Stoffkreislauf eines Gebäudes | 22 |
| 1.4.3 | Ökobilanz und Umweltmanagement | 26 |
| 1.4.3.1 | <i>Ziel und Untersuchungsrahmen</i> | 26 |
| 1.4.3.2 | <i>Sachbilanz</i> | 28 |
| 1.4.3.3 | <i>Wirkungsanalyse und Bewertung</i> | 28 |
| 1.4.3.4 | <i>Auswertung</i> | 30 |
| 1.4.3.5 | <i>Umweltpunktdeklarationen</i> | 31 |
| 1.4.4 | Wirtschaftliche Aspekte | 32 |
| 1.5 | Einordnung des Lehmhaus als Wissenschaftsgebiet | 32 |
| 1.5.1 | Begriff | 33 |
| 1.5.2 | Baustoff und Bauweise | 34 |
| 2 | Baulehm – Erkundung, Gewinnung und Klassifizierung | 35 |
| 2.1 | Naturlehm | 36 |
| 2.1.1 | Bildung von Naturlehmen | 36 |
| 2.1.1.1 | <i>Bodenprofil</i> | 36 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 2.1.1.2 | Bodenbestandteile | 37 |
| 2.1.1.3 | Einflussfaktoren der Bodenbildung | 37 |
| 2.1.2 | Bezeichnungen | 40 |
| 2.1.2.1 | Löss und Lösslehm | 42 |
| 2.1.2.2 | Geschiebemergel und Geschiebelehm | 42 |
| 2.1.2.3 | Verwitterungslehm | 46 |
| 2.1.2.4 | Aue- und Gehängelehm | 46 |
| 2.1.2.5 | Tone | 46 |
| 2.1.2.6 | Tropische Verwitterungsböden | 48 |
| 2.2 | Baulehm | 49 |
| 2.2.1 | Bezeichnung | 51 |
| 2.2.1.1 | Grubenlehm | 51 |
| 2.2.1.2 | Trockenlehm und Tonmehl | 51 |
| 2.2.1.3 | Recyclinglehm | 51 |
| 2.2.1.4 | Presslehm | 52 |
| 2.2.2 | Erkundung | 52 |
| 2.2.2.1 | Erkundungsverfahren | 53 |
| 2.2.2.2 | Probenahme | 54 |
| 2.2.3 | Prüfung und Klassifizierung | 57 |
| 2.2.3.1 | Körnungskenngrößen | 58 |
| 2.2.3.2 | Verarbeitungskenngrößen | 68 |
| 2.2.3.3 | Formänderungskenngrößen | 77 |
| 2.2.3.4 | Chemisch-mineralogische Kenngrößen | 80 |
| 2.2.4 | Gewinnung, Transport und Qualitätsüberwachung | 94 |
| 2.2.4.1 | Gewinnung | 94 |
| 2.2.4.2 | Transport | 94 |
| 2.2.4.3 | Qualitätsüberwachung | 95 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| 3 | Lehmaustoffe – Herstellung, Anforderungen und Prüfung | 97 |
| 3.1 | Aufbereitung von Baulehm | 98 |
| 3.1.1 | Natürliche Aufbereitung | 98 |
| 3.1.1.1 | Auswintern und Aussommern | 98 |
| 3.1.1.2 | Sumpfen | 99 |
| 3.1.1.3 | Mauken | 99 |
| 3.1.2 | Mechanisierte Aufbereitung | 99 |
| 3.1.2.1 | Brechen, Schneiden und Kneten | 99 |
| 3.1.2.2 | Sieben | 101 |
| 3.1.2.3 | Mahlen und Granulieren | 103 |
| 3.1.2.4 | Dosieren, Vereinigen und Mischen | 103 |
| 3.1.2.5 | Aufschlämmen | 105 |
| 3.2 | Formgebung | 106 |
| 3.2.1 | Aspekte der Formgebung | 107 |
| 3.2.2 | Technologische Verfahren | 108 |
| 3.2.2.1 | Pressformgebung | 109 |
| 3.2.2.2 | Bildsame Formgebung | 119 |
| 3.2.2.3 | Gießen | 123 |
| 3.3 | Trocknung von Lehmaustoffen und Lehmbauteilen | 125 |
| 3.3.1 | Trocknungsverlauf | 125 |
| 3.3.2 | Geschwindigkeit der Austrocknung | 125 |
| 3.3.3 | Art der Trocknung | 128 |
| 3.4 | Kennzeichnung, Zertifizierung und Produktionskontrolle | 129 |
| 3.4.1 | Ort der Herstellung | 131 |
| 3.4.2 | Zuschläge und Zusätze | 131 |
| 3.4.3 | Konsistenz und Verarbeitung | 133 |
| 3.4.4 | Grad der Vorfertigung und Formatgestaltung | 134 |
| 3.4.5 | Formgebungsverfahren | 134 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.4.6 | Rohdichteklasse | 134 |
| 3.4.7 | Art der Anwendung | 134 |
| 3.4.8 | Brandverhalten | 135 |
| 3.4.9 | Zertifizierung und Überwachung der Leistungsbeständigkeit | 135 |
| 3.4.9.1 | <i>Durch Hersteller veranlasste Prüfungen</i> | 136 |
| 3.4.9.2 | <i>Durch anerkannte Zertifizierungsstellen veranlasste Prüfungen</i> | 136 |
| 3.5 | Anforderungen und Wesentliche Merkmale | 137 |
| 3.5.1 | Stampflehm | 137 |
| 3.5.2 | Wellerlehm | 139 |
| 3.5.3 | Stroh- und Faserlehm | 140 |
| 3.5.4 | Leichtlehm | 141 |
| 3.5.5 | Lehmschüttungen | 142 |
| 3.5.6 | Lehmmörtel | 143 |
| 3.5.6.1 | <i>Lehmmauermörtel</i> | 146 |
| 3.5.6.2 | <i>Lehmputzmörtel</i> | 149 |
| 3.5.6.3 | <i>Lehmspritzmörtel</i> | 154 |
| 3.5.7 | Lehmsteine | 154 |
| 3.5.8 | Lehmplatten | 161 |
| 3.5.9 | Sonstige Lehmbaustoffe | 163 |
| 3.6 | Kenngrößen und Prüfungen | 163 |
| 3.6.1 | Masse- und Gefügekenngrößen | 164 |
| 3.6.1.1 | <i>Porosität und Porenzahl</i> | 164 |
| 3.6.1.2 | <i>Rohdichte ρ/Rohdichte bei Wassersättigung ρ_{sr}</i> | 166 |
| 3.6.1.3 | <i>Trockenrohdichte ρ_d</i> | 167 |
| 3.6.1.4 | <i>PROCTOR-Dichte ρ_p</i> | 169 |
| 3.6.1.5 | <i>Reindichte ρ_s</i> | 173 |
| 3.6.2 | Baumechanische Kenngrößen | 173 |
| 3.6.2.1 | <i>Formänderungskenngrößen</i> | 174 |
| 3.6.2.2 | <i>Festigkeitskenngrößen</i> | 184 |

| | | |
|---------|------------------------------|-----|
| 3.6.3 | Bauphysikalische Kenngrößen | 206 |
| 3.6.3.1 | <i>Hygrische Kenngrößen</i> | 206 |
| 3.6.3.2 | <i>Thermische Kenngrößen</i> | 211 |

4 Konstruktionen aus Lehmbaustoffen – Planung Bauausführung und Bauüberwachung

| | | |
|---------|---|-----|
| 213 | | |
| 4.1 | Funktion und Gestaltung | 214 |
| 4.1.1 | Wohnbauten | 215 |
| 4.1.2 | Gebäude für den Bereich Bildung / Erziehung | 220 |
| 4.1.3 | Sakralbauten | 223 |
| 4.1.4 | Gebäude für den Bereich der Landwirtschaft | 227 |
| 4.2 | Baugewerbliche Grundlagen | 227 |
| 4.2.1 | Regelwerke | 227 |
| 4.2.1.1 | <i>VOB und BGB</i> | 227 |
| 4.2.1.2 | <i>DIN-Normen</i> | 228 |
| 4.2.1.3 | <i>Ausländische Vorschriften zum Lehmbau</i> | 235 |
| 4.2.2 | Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen | 243 |
| 4.2.2.1 | <i>Ausschreibung</i> | 243 |
| 4.2.2.2 | <i>Kalkulation</i> | 244 |
| 4.2.2.3 | <i>Vergabe</i> | 244 |
| 4.2.3 | Ausführung von Bauleistungen | 246 |
| 4.2.3.1 | <i>Bauleitung</i> | 246 |
| 4.2.3.2 | <i>Bauausführung</i> | 247 |
| 4.2.3.3 | <i>Abschluss von Bauleistungen</i> | 248 |
| 4.3 | Planung und Ausführung von Lehmbaukonstruktionen | 249 |
| 4.3.1 | Fundamente, Kellerwände und Sockel | 249 |
| 4.3.2 | Fußböden | 250 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.3.3 | Wandkonstruktionen | 252 |
| 4.3.3.1 | <i>Tragende Wände</i> | 254 |
| 4.3.3.2 | <i>Nicht tragende Wände und Ausfachungen</i> | 273 |
| 4.3.4 | Decken | 285 |
| 4.3.4.1 | <i>Stakendecken</i> | 286 |
| 4.3.4.2 | <i>Einschubdecken</i> | 289 |
| 4.3.4.3 | <i>Aufgelegte Lehmdecken</i> | 290 |
| 4.3.4.4 | <i>Decken aus Lehmplatten</i> | 291 |
| 4.3.5 | Dachkonstruktionen | 292 |
| 4.3.5.1 | <i>Geneigte Dächer</i> | 293 |
| 4.3.5.2 | <i>Flachdächer</i> | 295 |
| 4.3.5.3 | <i>Gekrümmte Dächer</i> | 297 |
| 4.3.6 | Putz | 300 |
| 4.3.6.1 | <i>Anwendung und Beanspruchungen</i> | 300 |
| 4.3.6.2 | <i>Putzgrund</i> | 302 |
| 4.3.6.3 | <i>Putzauftrag und Austrocknung</i> | 307 |
| 4.3.6.4 | <i>Oberflächengestaltung und -behandlung</i> | 310 |
| 4.3.6.5 | <i>Putz auf Außenwandoberflächen</i> | 312 |
| 4.3.6.6 | <i>Anforderungen an Lehmputz</i> | 313 |
| 4.3.7 | Technischer Ausbau | 316 |
| 4.3.7.1 | <i>Leitungsführung</i> | 316 |
| 4.3.7.2 | <i>Befestigungen</i> | 317 |
| 4.3.7.3 | <i>Heiztechnische Anlagen</i> | 317 |
| 4.3.7.4 | <i>Traditionelle Belüftungsvorrichtungen</i> | 322 |

| | | |
|----------------|--|------------|
| 5 | Konstruktionen aus Lehmaustoffen – Einwirkungen, Bauschäden und Erhaltung | 325 |
| 5.1 | Verhalten von Bauteilen und Konstruktionen aus Lehmaustoffen | 326 |
| 5.1.1 | Wärmetechnische Kenngrößen | 327 |
| 5.1.1.1 | Mechanismen der Wärmeübertragung | 327 |
| 5.1.1.2 | Temperaturverteilung in Lehmbauteilen | 329 |
| 5.1.2 | Hygrische Kenngrößen | 334 |
| 5.1.2.1 | Mechanismen des Feuchtetransports | 334 |
| 5.1.2.2 | Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl | 336 |
| 5.1.2.3 | Kondenswasser | 336 |
| 5.1.2.4 | Gleichgewichtsfeuchte | 338 |
| 5.1.2.5 | Luftfeuchtesorption | 338 |
| 5.1.2.6 | Erosionsbeständigkeit | 340 |
| 5.1.3 | Raumklima | 343 |
| 5.1.3.1 | Komfortdiagramme | 343 |
| 5.1.3.2 | Raumiuftqualität | 344 |
| 5.1.3.3 | Winddichtigkeit | 345 |
| 5.1.3.4 | Subjektive Empfindungen | 346 |
| 5.1.4 | Brandschutztechnische Kenngrößen | 346 |
| 5.1.4.1 | Brandverhalten von Lehmaustoffen | 347 |
| 5.1.4.2 | Feuerwiderstand von Lehmbauteilen | 347 |
| 5.1.5 | Schallschutztechnische Kenngrößen | 347 |
| 5.1.5.1 | Luftschalldämmung von Wänden | 349 |
| 5.1.5.2 | Schallschutz von Holzbalkendecken | 350 |
| 5.1.6 | Strahlenbelastung | 351 |
| 5.1.6.1 | Radioaktive Strahlung | 351 |
| 5.1.6.2 | Abschirmung hochfrequenter Strahlung | 354 |
| 5.2 | Bauschäden durch äußere Einwirkungen | 356 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5.2.1 | Mechanische Einwirkungen | 356 |
| 5.2.1.1 | <i>Mechanische Abnutzung</i> | 356 |
| 5.2.1.2 | <i>Durchfeuchtung</i> | 357 |
| 5.2.2 | Chemische Einwirkungen | 368 |
| 5.2.3 | Biologische Einwirkungen | 368 |
| 5.2.4 | Naturkatastrophen | 371 |
| 5.2.4.1 | <i>Hochwasser</i> | 371 |
| 5.2.4.2 | <i>Erdbeben</i> | 371 |
| 5.2.5 | Bauschäden durch Planungsfehler | 381 |
| 5.3 | Erhaltung von Konstruktionen aus Lehmaustoffen | 385 |
| 5.3.1 | Rechtliche Grundlagen | 385 |
| 5.3.2 | Planung von Maßnahmen der Erhaltung | 386 |
| 5.3.2.1 | <i>Methoden</i> | 386 |
| 5.3.2.2 | <i>Planungsstufen</i> | 389 |
| 5.3.3 | Durchführung von Instandsetzungs- und Sanierungsarbeiten | 392 |
| 5.3.3.1 | <i>Fundamente</i> | 392 |
| 5.3.3.2 | <i>Wandkonstruktionen</i> | 394 |
| 5.3.3.3 | <i>Decken und Flachdächer</i> | 412 |
| 5.3.3.4 | <i>Lehmputz</i> | 413 |
| 5.3.3.5 | <i>Archäologische Ruinenkomplexe</i> | 415 |
| 5.3.3.6 | <i>Erdbebengerechte Sanierung</i> | 416 |
| 6 | Konstruktionen aus Lehmaustoffen – Abbruch, Recycling und Entsorgung | 423 |
| 6.1. | Gebäudeabbruch | 424 |
| 6.1.1 | Rechtliche Grundlagen | 424 |
| 6.1.2 | Demontagestufen | 424 |
| 6.1.3 | Abbruchverfahren | 425 |
| 6.1.3.1 | <i>Schlagen und Hämmern</i> | 425 |

| | | |
|----------------------------|---|-----|
| 6.1.3.2 | <i>Mechanisches Abbrechen</i> | 426 |
| 6.1.3.3 | <i>Mechanisches Sägen und Bohren</i> | 427 |
| 6.2 | Wiederverwendung von Lehmbaustoffen | 427 |
| 6.2.1 | Planungsgrundlagen | 428 |
| 6.2.2 | Recycling | 429 |
| 6.2.2.1 | <i>Voraussetzungen für den Einsatz von Recycling-Lehmbaustoffen</i> | 429 |
| 6.2.2.2 | <i>Einsatzmöglichkeiten des Recyclinglehms</i> | 435 |
| 6.3 | Entsorgung von Lehmbaustoffen | 437 |
| 6.3.1 | Bauabfall | 437 |
| 6.3.2 | Schadstoffbelastung | 438 |
| 7 | Perspektiven für den Lehmbau | 441 |
| 7.1 | Bildung | 443 |
| 7.2 | Vernetzung | 448 |
| 7.3 | Forschung und Normung | 449 |
| 7.4 | Wirtschaftliche Entwicklung | 450 |
| Bibliografie | | 453 |
| Zitierte DIN-Normen | | 477 |
| Abbildungsnachweis | | 485 |
| Sachwortverzeichnis | | 490 |