

(Öko-)Technologische Leitprinzipien der Lehmarchitektur

Lehm, ein Verwitterungsprodukt von „Urgestein“, substanziell bzw. bautechnisch betrachtet ein natürliches Gemisch aus (bindekräftigen) Tonmineralien und feinsandigen bis steinigen Bestandteilen gilt als der älteste Baustoff der Architekturgeschichte [1], [2]. Als Auftakt zu einer ausführlichen Behandlung dieses Baustoffs beleuchtet dieser Beitrag die historische Entwicklung der Lehmarchitektur und widmet sich in einem zweiten Teil im baumagazin 1/2010 den neuartigen, EUROCODE-konformen Sicherheitskonzepten für den Lehmstein-Bau anhand aktueller Versuchs- und Forschungsergebnisse an der TU-Wien.

AUTOREN:

Ao. Univ.-Prof. Baurat h.c. DDr. Elmer Bölsckey
DI Andreas Rischaneck

Soweit noch nachvollziehbar, laufen die Anfänge der ca. 10.000 Jahre alten geschichtlichen Entwicklung des Lehmbaus parallel mit dem Beginn der menschlichen (Agrar-)Kul-

tur [2]: Die Lehmarchitektur (als traditionelle Bauweise unter Verwendung von Stampf-Lehmfundamenten, gestampften Lehmwänden oder Kuppeln [3] aus Lehm bzw. aus getrockneten Lehmziegeln) war bereits den frühgeschichtlichen, ersten Hochkulturen Mesopotamiens bzw. des Zweistromlandes, Vorderasiens (z. B. Catal Höyük in der Türkei, Bild 1 und Bild

2) und Nordafrikas bekannt und weltweit verbreitet.

Nicht nur in vielen außereuropäischen Ländern z. B. China (wo das Innere der zyklopenmauerartig ausgeführten großen Chinesischen Mauer hauptsächlich mit Lehm, aber auch mit Sand und Schotter gefüllt wurde) oder in Mexiko (z. B. die 63 m hohe, ca. 2.000 Jahre alte „Sonnenpyramide“ im Zentrum der voraztekischen Ruinenstadt Teotihuacan, bestehend aus Stampflehm bzw. aus luftgetrockneten Adobe-Lehmziegeln) hat die Lehm-bauweise eine lange historische Tradition (Bild 3).

Auch in vielen Teilen des afrikanischen Kontinents hat die historisch

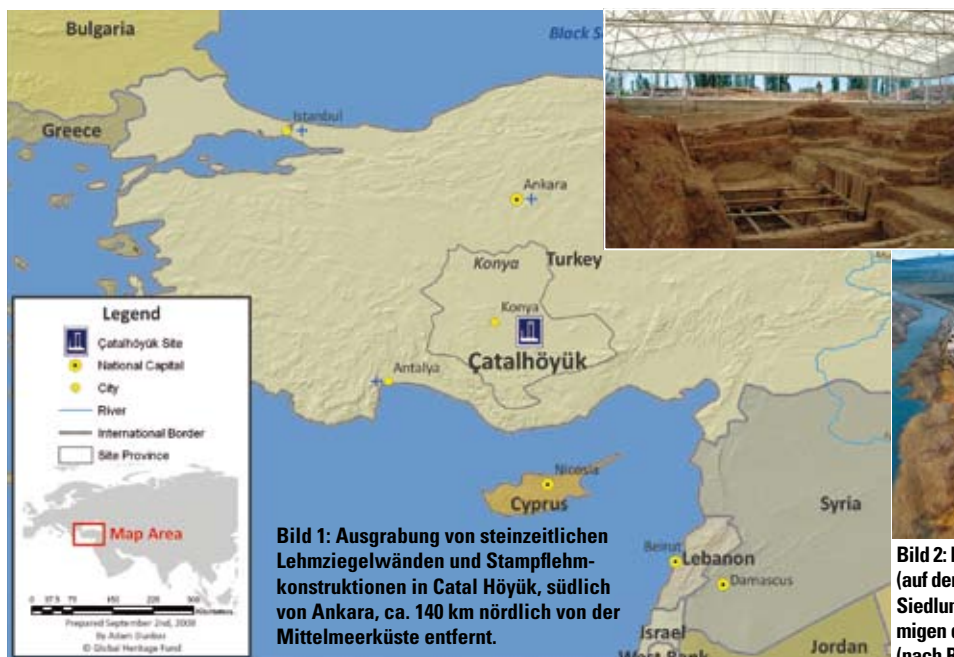


Bild 2: Rekonstruierte Perspektivdarstellung der in der Türkei (auf der Hochebene Anatoliens) ausgegrabenen Lehmbausiedlung Catal Höyük („Gabelungs-Hügel“) mit mehrräumigen quadratischen Häusergruppen aus der Jungsteinzeit (nach Radiokohlenstoffdatierungen etwa 7.000 v. Chr.).

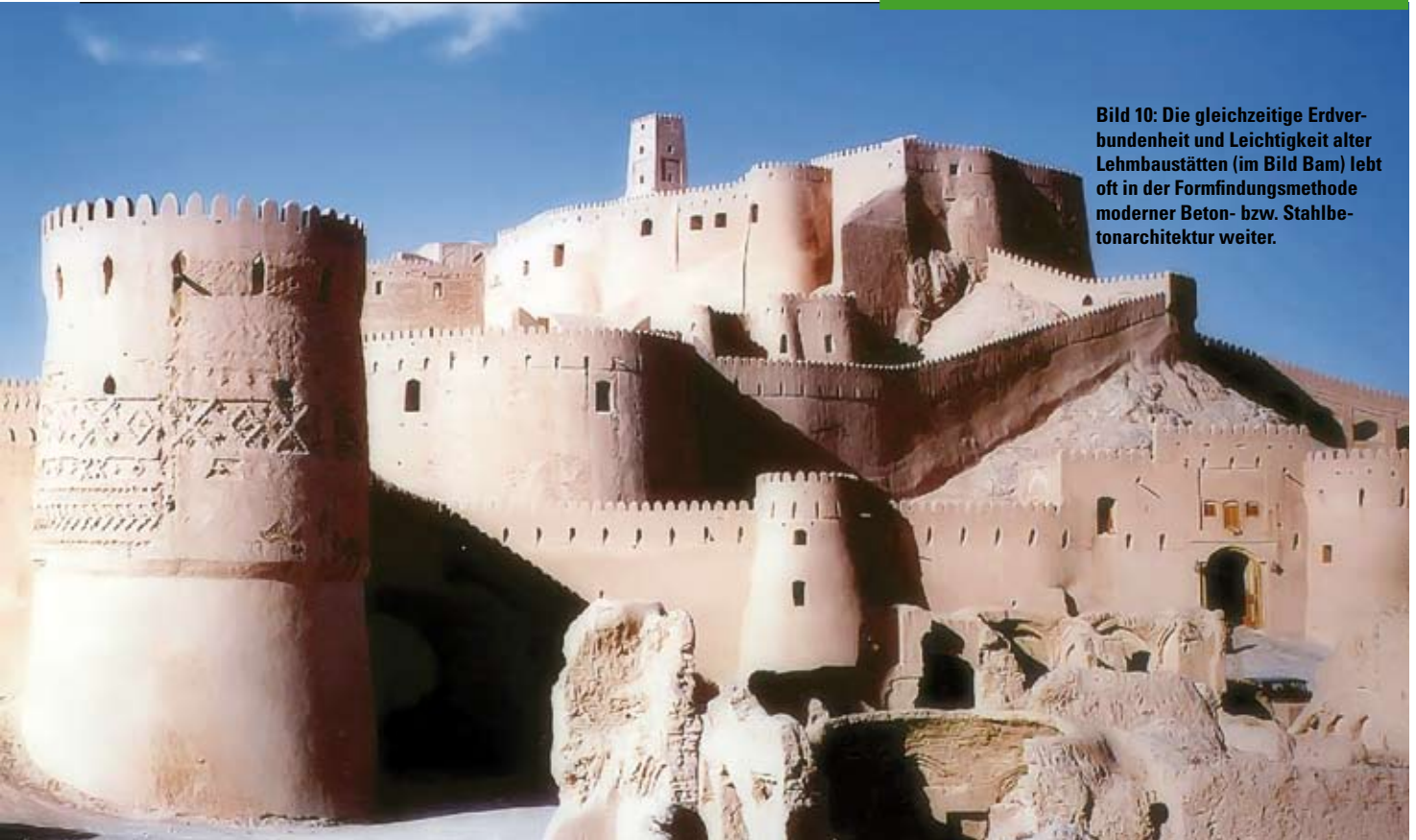


Bild 10: Die gleichzeitige Erdverbundenheit und Leichtigkeit alter Lehmbaustätten (im Bild Bam) lebt oft in der Formfindungsmethode moderner Beton- bzw. Stahlbetonarchitektur weiter.

gewachsene und hauptsächlich bauphysikalisch geprägte traditionelle Lehmarchitektur eine lange (Vor-)Geschichte: Überall in (Wohn-)Gegenden wo andere (Natur-)Baustoffe nicht bzw. nur selten vorhanden waren (z. B. Naturstein und Holz), wird heute noch ein Großteil der afrikanischen Wohnhäuser, Speicher, profanen und religiösen Bauten aus ungebrannten bzw. aus leicht gebrannten Lehmziegeln errichtet [4].

Als eine der bekanntesten afrikanischen „Lehmbau-Städte“ gilt die alte Handelsstadt Djenné im Nigerbinnendelta in Mali, mit etwa 2.000 Lehmgebäuden in der historischen von der UNESCO zum Weltkulturerbe erklärten Altstadt; darunter traditionsbewusste Koranschulen und mittelalterliche Bürgerpaläste der aus Nord-

afrika zugewanderten reichen Kaufleute.

Die wichtigste Sehenswürdigkeit der Stadt ist aber die monumentale, zu Beginn der französischen Kolonialzeit vor mehr als 100 Jahren am großen Marktplatz ebenfalls vollständig aus Lehm errichteten „Große Moschee von Djenné“ [4] (Bild 4). Das imposante sakrale Lehmgebäude ist das größte Einzelgebäude (aus sonnengetrockneten „ferey“-genannten Lehmziegeln) der Welt mit einer Grundriss-Fläche von ca. 78 x 78 m (für 2.000 Gläubige) und zählt zu den berühmtesten Bauwerken der sudanesisch-sahelischen Architektur- und Ingenieurkunst. Die Moschee wird „lehmbaugerecht“ gepflegt und erhalten, d. h. nach jeder Regenzeitperiode praktisch neu verputzt und wenn not-

wendig instandgesetzt bzw. repariert.

In den für Lehmbauten relativ schlanken (41 – 61 cm dicken) Mauern sorgen bewehrungsstabartig eingebrachten Palmyrapalmen-Holzstämmen (siehe auch Bild 4) für die statisch-konstruktive „Ertüchtigung“ bzw. Stabilisierung des Hauses. Die aus der Lehmmauer herausragenden Palmstämme arbeiten auch als „Rissbremse“ und dienen neben der architektonischen Gestaltung als Gerüst für die (regelmäßigen) Instandsetzungs- und Reparaturarbeiten.

Die massiven, teilweise in den Erdboden eingegrabenen, mit auffallend wenigen Fensteröffnungen ausgestatteten



Bild 3: (Vor-)aztekische Lehmbauweise – die „Sonnenpyramide im mexikanischen Bundesstaat Mexico, die drittgrößte (!) Pyramide der Welt (63 m hoch, Grundriss-Abmessungen 222 x 225 m) mit dem voluminösen Treppenaufgang wurde vor 2.000 Jahren ebenfalls mit Stampflehm bzw. mit luftgetrockneten „Adobe“-Lehmziegeln gebaut.



Bild 4: Die Große Moschee von Djenné im westafrikanischen Staat Mali, das größte sakrale Lehmgebäude der Welt, wird lehmbaugerecht erhalten: nach jeder Regenzeitperiode neu verputzt und instandgesetzt.

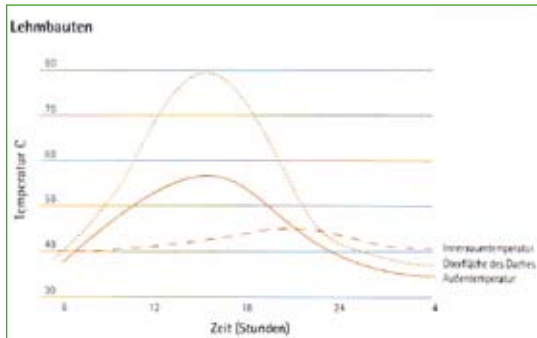


Bild 5: Die größtmögliche Hitzeabsorptionsfähigkeit massiver Lehmwände und Dächer bringt einen Temperatursgleich und schafft ein ausgeglichenes, akzeptables Mikroklima im Gebäudeinneren (Quelle: Sophia und Stefan Behling: Sol Power – Die Evolution der solaren Architektur, Prestel-Verlag, München-New York, 1996).

Mauern isolieren das Lehmgebäude gegen die Tageshitze bzw. sind in der Lage die extreme Hitze tagsüber mittels „Hitzeabsorption“ optimal zu lindern bzw. abzuhalten. Während der Nacht nutzen die starken Außenwände und Lehmdächer die relativ hohe Wärmekapazität des Materials und sorgen im Gebäudeinneren für ein ausgeglichenes Raumklima (Bild 6).

Eine Systemskizze nach [5] zur prinzipiellen Darstellung der bauphysikalischen Funktionsweise thermisch wirksamer (Lehm-)Massen und Erdmaterialien in heißen, trockenen Klimazonen (z. B. Mali, Algerien, Marokko usw.) zeigen die Bilder 5 und 6. Ein weiteres Beispiel außereuropäischer (Lehm-)Architektur ist die alte Handelsstadt Bam, mit einer geschlos-

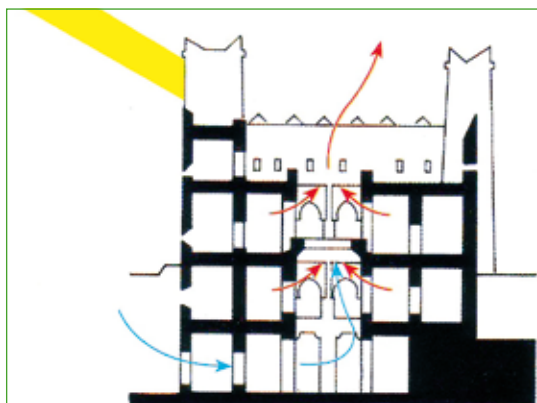


Bild 6: Bei starken Temperaturschwankungen können die Innenhöfe eines mehrstöckigen Lehmgebäudes nach dem „Ventilationsprinzip“ als Luftkanal funktionieren und ein angenehmes akzeptables Mikroklima bewirken, mit hohen Temperaturunterschied zwischen Erdgeschoss und Dachkonstruktion (Quelle: Sophia und Stefan Behling: Sol Power – Die Evolution der solaren Architektur, Prestel-Verlag, München-New York, 1996).



Bild 7: Die historischen Lehmziegel-Bauten der alten Oasen-Stadt Bam vor dem verheerenden Beben 2003.

cherung einer ausreichenden Scheibentragwirkung von erdbebenbeanspruchten Wänden und Decken) seien laut Prof. Minke auch die „richtigen Proportionen

senen historischen Stadtmauer und der berühmten 1.000 Jahre alten Zitadelle „Arg-é Bam“ in der zentralen Hochebene (Ost-)Irans an einer Oase entlang der alten Seidenstraße, bereits im 3. Jahrhundert gegründet [6]. Ein Jahr nach einem katastrophalen, (in der iranischen Geschichte wahrscheinlich stärksten) Erdbeben wurde 2004 die Stadt bzw. die großteils zerstörte Zitadelle durch die UNESCO zum „Weltkulturerbe“ erklärt (Bild 7) und gleichzeitig auf die sog. „Rote Liste“ des akut gefährdeten Welterbes gesetzt. Damit wollten die Verantwortlichen ein deutliches Signal zur Wiederherstellung/Revitalisierung der zerstörten Festung setzen und gleichzeitig auf die weltweite Problematik erdbebengefährdeter historischer Lehmbauten aufmerksam machen [6].

Der deutsche Architekturprofessor und anerkannte Lehmbauexperte G. Minke (Univ. Kassel) hat auf die „lehmfeindlichen“ Pamphlete mehrere Zeitungen reagiert und appellierte auf einen berechtigten Einsatz von Naturbaustoffen in Asien (Iran), Afrika, Südamerika und sogar in Europa [6], [7].

Er schwört weiterhin auf das „(Bau-)Material der Armen“, auf (nach Lehm-Regeln optimal aufbereiteten [8] und zusammengesetzten) Lehm- Baustoffe mit definierter, hoher Bindekraft und veröffentlichte anlässlich der beschriebenen Erdbebenkatastrophe ein 50-seitiges Manual im Internet, in dem er die wichtigsten Merkmale der erdbebenwiderstandsfähigen, gegenüber der seismischen Erschütterung, relativ duktilen Lehmkonstruktionen beschreibt bzw. vorstellt:

Neben den – analog wie in Mauerwerksbauten üblichen Ringbalken – bzw. Ringanker-Konstruktion (zur Si-

cherung der Wandflächen zwischen Fenster- und Türöffnungen für die Erdbebensicherheit entscheidend [7].“

Auch in vielen europäischen Ländern (z. B. in der Slowakei, Ukraine, Russland, Ungarn, Rumänien, Bulgarien und Polen) haben Lehmhäuser eine lange historische Tradition. Aber nicht nur in Frankreich, wo über die Lehm- bautechnik, genauer gesagt über die Stampflehmtechnik („Terre Pisé“) bereits schon 1790 vom Architekt Francois Cointeraux eine Schriftenreihe erschien, (die nach [2] bereits 1793 in deutscher Sprache übersetzt bzw. publiziert wurde) auch in Österreich-Ungarn wurde (Stampf-)Lehm- bauweise sehr früh angewendet und sogar auch die typisierten Planunterlagen dokumentiert (Bild 8).

Zusammenfassung und Ausblick

(Bau-)Lehm ist ein Verwitterungsprodukt aus Gesteinsschichten; hochwertiges Lehm- material sollte aus tiefer gelegenen Schichten entnommen werden und frei von organischen Bestandteilen/Verunreinigungen sein. Die Aufbereitung/Verarbeitung regionaler Lehm- vorkommen ist absolut naturverträglich und vergleichsweise mit sehr niedrigem Energieaufwand erreichbar. (Lehm braucht unter optimalen Bedingungen nur etwa 1 bis 5 % der Energie, die für die Herstellung von Stahl- beton oder Mauerziegeln notwendig ist ([2], [9]).

Für die (oft standortbedingt) verschiedenartig verarbeiteten Naturbaustoffe gibt es stark unterschiedliche, traditionelle, seit Jahrtausenden hauptsächlich durch Schütten, Stampfen und Schichten praktizierte, oft mit Holzstützen kombinierte (Lehm-) Bauarten, welche den (Bau-)Menschen bzw. (Bau-)Künstler zur heutigen (Bau-)Tä-

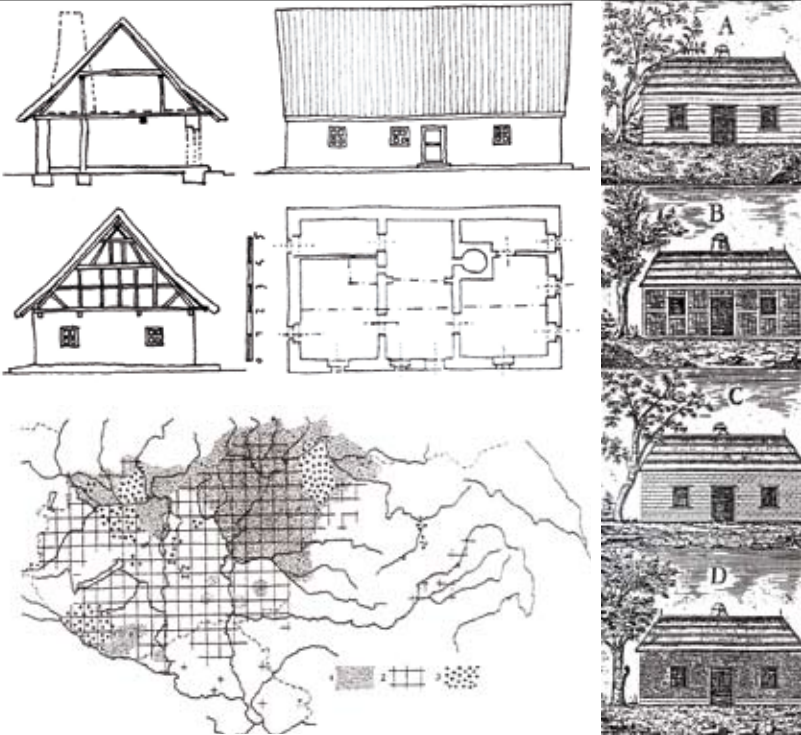


Bild 8: Lehmhaus „Typenpläne“ für deutsche Siedler in Südungarn aus der Zeit Maria Theresias mit der Ansicht-Darstellung verschiedener Lehmbautechniken für die tragenden Außenwände [12] (Lehmstampfbau, Fachwerkbau, Lehmziegelbau).

tigkeit inspirierten (Bild 10), „...zu dem, was wir heute ‚errichten‘ oder unbeseelter, aber genauer ‚konstruieren‘ nennen, d. h. zum ingeniosen Überwinden von Abgründen, Räumen, Flüssen und zum Erstreben schlanker Höhen durch zusammenschließende Stabwerke“ [11].

Dass der konstruktive Lehmbau die „Lehrmeisterin“ der späteren (Natur-)Steinbaukunst und heutigen Betonarchitektur war und die typischen Lehmhausformen und Lehmbau-Techniken oft auch in Werken der Architekturkünstler des 20. Jahrhundert weiterleben, können wir am Beispiel der berühmten katholischen Wahlfahrtskirche „Notre Dame du Haut von Ronchamp“ (Deutsch: „Unsere Liebe Frau von der Höhe“), errichtet in der französischen Gemeinde Ronchamp bei Belfort, am Fuß der Vogesen nachweisen bzw. aufzeigen.

Vielleicht hat die solide Handwerks-technik der alten kompakten Lehmwellerbauten „la bauge“ in Frankreich, in der Bretagne und in der Normandie (mit Lehm vermisches Kieselmateriale und organische Substanzen z. B. Stroh von Roggen und Weizen, mit einer Feucht-Verarbeitungstechnik „ähnlich der Pisétechnik“ also Lehmstampfbau aus dem 18. und 19. Jahrhundert, mit Wanddicken unten breiter als oben) dem französisch-schweizerischen Architekten Le

Corbusier beeinflusst bzw. motiviert die berühmte Wahlfahrtskirche in einer lehmhausähnlichen massiven Bauweise betont erdbezogen, als „ausgehöhlt Hochrelief“ zu planen und 1953-55 auszuführen (Bild 9).

Wegen Transportproblemen, vielleicht aus Kostengründen (oder pietätvoll die alten Steine der im Krieg zerstörten Kapelle bewusst zu verwenden) entschied sich der Architekt für extrem große, lehmwellerbautenartig, sich nach oben verjüngende tragende Wände aus einem Materialmatrix aus Bruchstein, Mauerwerk und Bauschutt zwischen dreieckigen Stahlbeton-Tragelementen. Anschließend wurde mit einer Spritzbetonschicht nach arabischen bzw. nordafrikanischen Sakralbau-Vorbildern eine einheitliche, stark lehmartig wirkende Oberfläche aufgebracht. Die kompakte, lehmhausartig abgerundete Baumasse mit den gekrümmten Wänden vermittelt Erdverbundenheit und Leichtigkeit zugleich.

Die mit tiefen Bohrungen der alten Handwerkstechnik der Lehmwellerbauweise geschaffenen Fensteröffnungen leiten die Sonnenstrahlen ins Kircheninnere und verkünden der Architekturdefinition des Planverfassers Le Corbusier [10]: „Architektur ist das gelungene, genaue und großartige Wechselspiel von Räumen, die sich im Licht zusammenfügen“.



Bild 9: Von außen wirkt die Kapelle als kompakte, lehmhausartig geformte (Bau-)Masse und suggeriert (nach arabischen bzw. nach nordafrikanischen Vorbildern) Erdverbundenheit und Leichtigkeit zugleich.

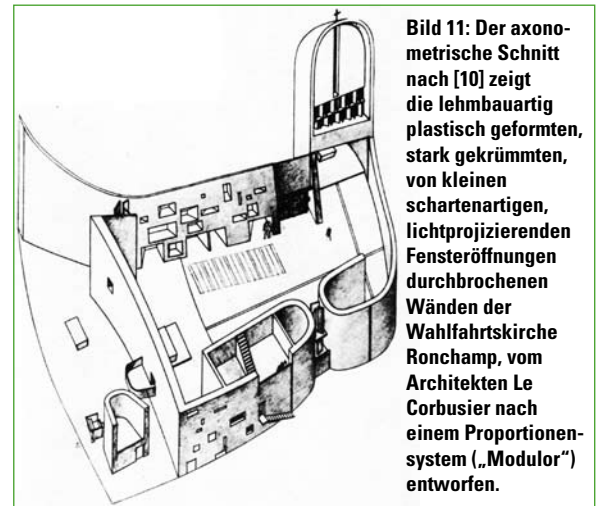


Bild 11: Der axonometrische Schnitt nach [10] zeigt die lehmhausartig plastisch geformten, stark gekrümmten, von kleinen schartenartigen, lichtprojizierenden Fensteröffnungen durchbrochenen Wänden der Wahlfahrtskirche Ronchamp, vom Architekten Le Corbusier nach einem Proportionsystem („Modulor“) entworfen.

LITERATUR

- [1] rororo Techniklexikon – Lueger Lexikon der Technik, Dimitrov, N.; Heringer Ö. (Hrsg.): Bautechnik Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Rainbek bei Hamburg, April 1972
- [2] Minke, G.: Handbuch Lehmbau: Baustoffe, Techniken, Lehmarchitektur 7. Auflage, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2009
- [3] Heinle, E., Schlaich, J.: Kuppeln aller Zeiten – aller Kulturen, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart 1996
- [4] Korn, W.: 50 Klassiker der Archäologie, Gerstenberg Verlag Hildesberg 2003
- [5] Behling Sophia und Stefan: Sol Power – Die Evolution der solaren Architektur (Vorwort von Sir Norman Foster) Prestel-Verlag München. New York 1996
- [6] Toms, M.L.: Erdbebensicheres Bauen mit Naturbaustoffen, Diplomarbeit an der TU-Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Wien Oktober 2004
- [7] URL:<http://www.uni-kassel.de> am 26.03.2004:pdf-download: Minke, Gernot: „Construction Manual für Earthquake-resistant Houses built of Earth“
- [8] Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.): Lehmhaus Regeln Begriffe-Baustoffe-Bauteile, 3. Auflage, Vieweg + Teubner/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009
- [9] Niemeyer, R.: Der Lehmhaus und seine praktische Anwendung, Ökobuch, Reprint 1982
- [10] Conti, F. (Hrsg.): Weltwunder der Baukunst, Wahrzeichen des Glaubens und der Kultur Genehmigte Lizenzausgabe für Weltbild Verlag GmbH, Augsburg 1987
- [11] Halász r.; Scheer, Cl.: Holzbautaschenbuch Band 1: Grundlagen, Entwurf, Bemessung und Konstruktionen, Kap. 1; Zur Geschichte des Holzbaues S. 1-7 Berlin: Ernst Verlag für Architektur und techn. Wiss. 9. Auflage, 1996
- [12] Medgyasszay, P.; Noyak, A.: Erd- und Stroharchitektur (Anhang: Lehmhaus Regeln) Terc-Fachbuch Verlag, Budapest 2006