

Statische Berechnung

Bauvorhaben: Arkadenhof Kasbah Asslim in Agdz / Marocco - Nachweis der Mauerpfeiler -

1. Veranlassung

In dem der Kasbah Asslim in Agdz angegliederten Arkadenhof sind umfangreiche Schädigungen in den Arkadengängen zu verzeichnen. Bereichsweise sind der südöstliche und der südwestliche Flügel

bereits zerstört. Unsere Aufgabe sollte es nun sein, die zerstörten Mauerpfeiler wieder neu in Lehmziegelmauerwerk zu errichten und die Bögen, sowie das Dach über dem Arkadengang wieder originalgetreu herzustellen. Zur Untermauerung der getroffenen konstruktiven Maßnahmen und der Wahl der Baumaterialien soll diese statische Berechnung dienen. Die Bemessung erfolgt hier lediglich für die neuen Mauerpfeiler. Das Dach wird entsprechend dem historischen Vorbild nachempfunden.

2. Rißbilder, Ursache der Schädigung / Zerstörung

2.1 Rißbilder

Risse zeigen sich vor allem in den Scheitelpunkten der Bögen. Zudem sind die gemauerten Arkaden im oberen Bereich von den erst später eingebauten und stumpf an die Arkadenscheibe angebauten Querwände abgerissen. Die Arkadenscheibe kippt somit nach innen in den Hof und auch in sich wie-

sen die einzelnen noch bestehenden Mauerpfeiler, von den Rissen ausgehend, Setzungsunterschiede auf.

2.2 Ursachen der Schädigung

Die Ursache der vorgefundenen Schädigung sehen wir in der Durchfeuchtung des Baugrundes in Regenperioden bzw. in Zeiten der intensiven Nutzung des Arkadenhofes zu landwirtschaftlichen Zwecken.

Infolge der Nutzung des Kanalsystems zur Bewässerung der landwirtschaftlich genutzten Flächen und der ungenügenden Regenwasserableitung an den Füßen der Mauerpfeiler kam es im Baugrund nicht nur zu unterschiedlichen Tragfähigkeitsverhältnissen des anstehenden bindigen Bodens an der hofseitigen Pfeilerseite bzw. Gebäudeseite, sondern auch zu einem Herausschwemmen der feinen Bestandteile aus dem Lehmörtel des Fundamentes, besonders im hofseitigen Bereich. Somit stellte sich der Mauerpfeiler schräg. Aufgrund dieser Schrägstellung reichte die Auflagelänge der Deckenbalken (ca. 6 cm) nicht mehr aus, die Decke stürzte ein.

3. Rückschlüsse aus den entstandenen Schädigungen

- Ausbildung des Fundamentes in Beton (B 10)
- Nutzung des Arkadenhofes zu landwirtschaftlichen Zwecken ausschließen
- wirkungsvolle Ableitung des Regenwassers im Bereich der Pfeilerfüße und Einleitung des Wassers in eine Ringdrainage
- regelmäßige Kontrollgänge (besonders im Dachbereich) zur frühzeitigen Erkennung von

Schädigungen

4. Bemessung der Mauerpfeiler

Die historischen Mauerpfeiler haben einen regelmäßigen achteckigen Grundriß mit einer größten Breite von 50 cm. Die zerstörten Pfeiler sind in leicht gebrannten Ziegeln und Lehmörtel errichtet worden. Angangs stand die Frage die neuen Mauerpfeiler zumindest im unteren Bereich mit eben diesen leicht gebrannten Ziegeln zu errichten, doch beim Eintauchen dieser in Wasser lösten sie sich auf. Die vor Ort gepatzten Luftgetrockneten Ziegel blieben dagegen, bei der selben Einwirkzeit des Wassers, formstabil. Somit entschieden wir uns für den Einsatz der Letzteren. Im unteren Bereich der

Mauerpfeiler (bis ca. 1.0 m Höhe) setzten wir dem Mörtel noch ca. 5 Vol. % Zement zu. Dies geschah zur Erhöhung der Mauerwerksfestigkeit und zum Schutz der Fuge vor Spritzwasser.

Lastannahmen:

Dach -	<i>Einflußbreite</i> - $1,8 \text{ m} * 1,0 \text{ m} = 1,8 \text{ m}^2$	
	30 cm Lehmschlag	$18 \text{ kN/m}^3 * 1,8 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m} = 9,72 \text{ kN}$
	Konstruktion	$1,2 \text{ kN/m}^2 * 1,8 \text{ m}^2 = 2,16 \text{ kN}$
	Schalung	$0,025 \text{ m} * 6 \text{ kN/m}^3 * 1,8 \text{ m}^2 = \underline{0,27 \text{ kN}}$
		12,15 kN

Attika	$h = 70 \text{ cm}, d = 54 \text{ cm}, \text{Wichte } 14 \text{ kN/m}^3$	
	$0,7 \text{ m} * 1,8 \text{ m} * 0,54 * 14 \text{ kN/m}^3$	9,52 kN

Arkadenscheibe

Bogenbereich:	$1,2 \text{ m} * 1,8 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 14 \text{ kN/m}^3$	15,12 kN
---------------	--	-----------------

Pfeilerbereich:	$A = 50 \text{ cm} * 50 \text{ cm} = 2500 \text{ cm}^2$	
	$0,25 \text{ m}^2 * 3,3 \text{ m} * 14 \text{ kN/m}^3$	<u>11,55 kN</u>

Summe der Normalkräfte am Pfeilerfuß:		48,34 kN
---------------------------------------	--	-----------------

Momente aus Wind: die Windlasten Winddruck werden der der Oase zugewandten Wandscheibe $d = 50 \text{ cm}$ zugewiesen

Windlast:	$0,8 * 0,5 \text{ kN/m}^2 * 1,0 \text{ m} = 0,4 \text{ kN/m}$ (Winddruck) - äußere Wand
	$0,5 * 0,5 \text{ kN/m}^2 * 1,0 \text{ m} = 0,25 \text{ kN/m}$ (Windsog) - innere Wand

den Windsog nimmt die innere Wandscheibe auf, da Windsog < Winddruck wird dieser nicht weiter verfolgt

Annahmen:

- Wand gilt als freistehend,
- kein Windsog, da dieser von innenliegender Längswand aufgenommen wird.

$$\text{Normalkraft: } N_{\text{wand}} = 0,5 \text{ m} * 1,0 \text{ m} * 14 \text{ kN/m}^3 = 36,4 \text{ kN}$$

$$\text{Moment: } M_{\text{Wand,außen}} = 0,4 \text{ kN/m} * 5,2 \text{ m}^2/2 = 5,41 \text{ kNm}$$

$$\text{Ausmitte der äußeren Wand: } e = 541 \text{ kNcm} / 36,4 \text{ kN} = 14,86 \text{ cm}$$

$$d/3 = 50 \text{ cm}/3 = 16,7 \text{ cm} = e_{\text{max}} > 14,86 \text{ cm} = e_{\text{vorh}}$$

Nachweis äußere Wand:

$$2 * 36,4 \text{ kN} / (3 * (25 \text{ cm} - 14,86 \text{ cm}) * 100 \text{ cm}) = 0,024 \text{ kN/cm}^2$$
$$e_{\text{vorh}} = 0,024 \text{ kN/cm}^2 < 0,03 \text{ kN/cm}^2 = \text{zul}$$

Spannungsnachweis am Pfeilerfuß:

Windlast aus Windsog wird vernachlässigt, da sich Momente aus Windsog und Lastausmitt gegenseitig aufheben, zur Momentenbeanspruchung wird somit nur die Lastenmitte angesetzt.

$$\text{Lastausmitte bei Auflagerlänge } 20 \text{ cm} : 22,5 \text{ cm} - 20 \text{ cm}/3 = 15,8 \text{ cm}$$

$$\text{Moment aus Dachausmitte: } 12,15 \text{ kN} * 15,8 \text{ cm} = 192 \text{ kNcm}$$

zur Bemessung der zulässigen Ausmitte wird infolge des achteckigen Querschnitts zur Vereinfachung ein quadratischer Querschnitt zugrundegelegt

$$a = 50 \text{ cm} * \tan 22,5^\circ = 20,7 \text{ cm}$$

$$A = 2 * 20,7 \text{ cm} * 50 \text{ cm} = 2070 \text{ cm}^2 \text{ ----- Fläche des einbeschriebenen Quadrates}$$

$$\text{Seitenlänge Quadrat: } a = 45,5 \text{ cm}$$

$$\text{Lastausmitte Pfeiler: } 192 \text{ kNcm} / 48,34 \text{ kN} = 4,0 \text{ cm} < d/6 = 7,6 \text{ cm}$$

$$(48,34 \text{ kN} / 2070 \text{ cm}^2) * (1 + 6 * 4,0 \text{ cm} / 45,5 \text{ cm}) = 0,036 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis: Lehmziegel Rohdichte 1200 kg/dm^3 in Lehmörtel

$$\text{-----SFK 2, } \text{zul} = 0,03 \text{ kN/cm}^2$$

gewählt: Lehmörtel mit 5 V% Zementzusatz, für Pfeilerfuß $h = 1,0 \text{ m}$

$$e_{\text{vorh}} = 0,036 \text{ kN/cm}^2 < \text{zul} = 0,04 \text{ kN/cm}^2$$
