

INSTITUT FÜR BAUPHYSIK

DIPL.-ING. HORST R. GRÜN
MÜLHEIM AN DER RUHR
TEL. 0208-48 00 48 · FAX 48 05 94



- BAUSTOFFE U. ANWENDUNG-
AMTLICH ANERKANNTE
PRÜFSTELLE

GUTACHTEN

4330 MÜLHEIM/RUHR, GROSSENBAUMER STRASSE 240

DEN 18.1.1993 NR. 9724/HG/P/93

ANTRAGSTELLER	Remmers Chemie GmbH & Co. Postfach 12 55 4573 Löningen
ANTRAG	Prüfung der Wirksamkeit von AIDA-KIESOL als horizontale Feuchtigkeitssperre in etwa 2 Meter dicken Sandstein-Mauerwerkswänden
PRÜFOBJEKT	Sanierte 'Mammut-Wände' der Alten Oper in 6000 Frankfurt am Main
UMFANG DES GUTACHTENS	5 Seiten und 1 Anlage (6 Blatt)

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die gekürzte Vervielfältigung und eine Veröffentlichung sind nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung zulässig. Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach 4 Wochen vernichtet.

1. Zum Objekt

Der eingangs bezeichnete, etwa hundert Jahre alte Gebäudekomplex ließ bei seiner im Jahre 1978 vorgenommenen Sanierung an den $d_W = 1,2$ bis $2,6$ m dicken Sandstein-Mauerwerkswänden den Einbau einer normgerechten Feuchtigkeits-Horizontalabdichtung - vergleiche DIN 18 195, Teil 4 - aus technischen Gründen nicht zu. Demgegenüber war die Anwendung einer wirksamen Sperre besonders auch deshalb geboten, weil die überdurchschnittliche Dicke dieser Wände eine wesentlich größere Randbelastung durch aufsteigendes Wasser in Aussicht stellte als das dem Halbiebungsgesetz bei Verdopplung der Höhe entspricht. Zur Abschwächung der kapillar aufsteigenden Feuchtigkeit wurde deshalb eine horizontal ausgerichtete Bohrloch-KIESOL-Sperre auf der Basis von hydrophobierten Kieselsäure-Verbindungen eingebaut.

2. Sanierungsverfahren

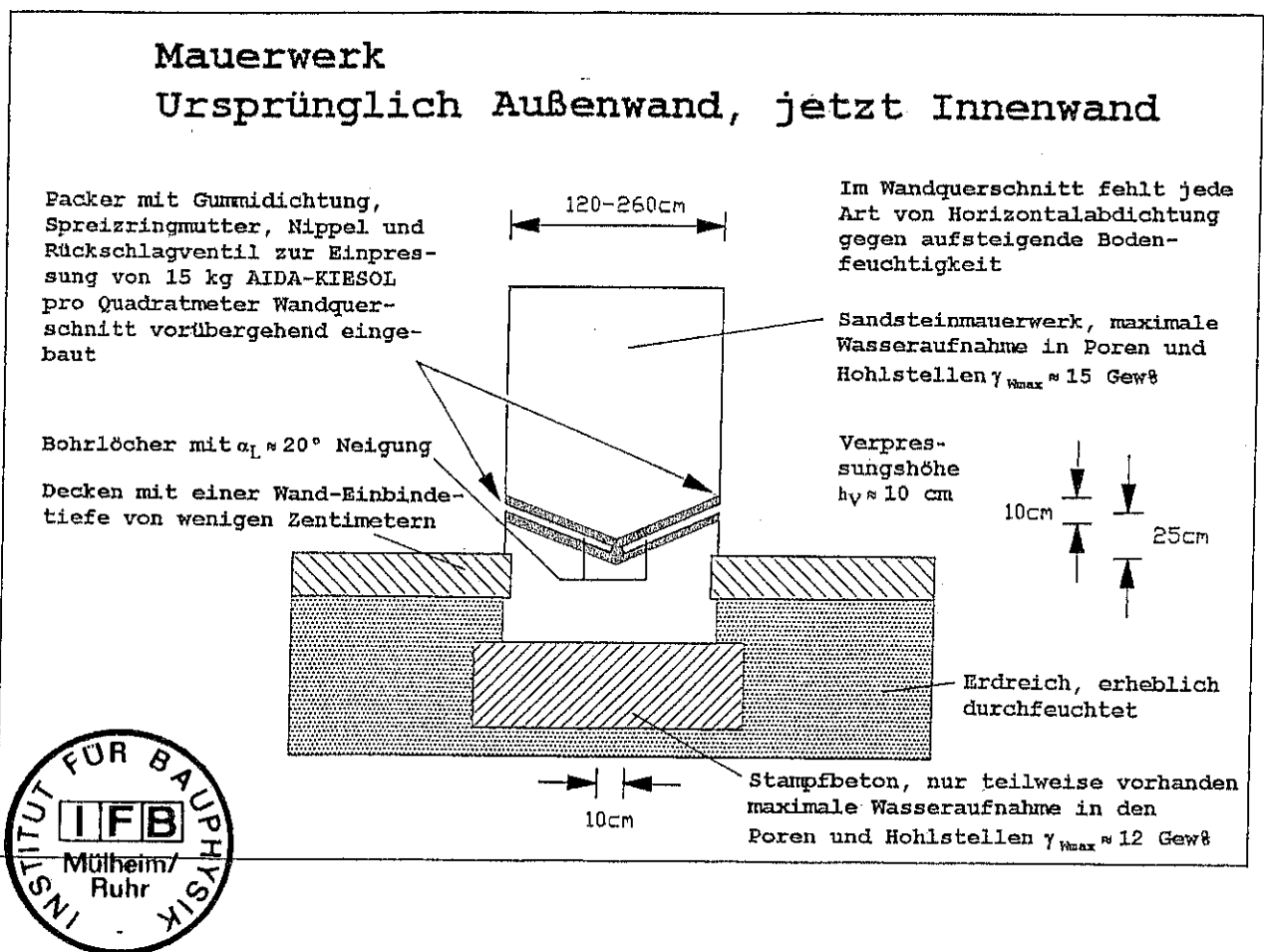
Folgend werden die Einzelheiten zur durchgeführten Sanierung beschrieben.

- Lochdurchmesser	d_L	≈ 3	cm
- Lochabstand	e_L	≈ 15	cm
- beidseitige Lochtiefe	t_L	$\approx d_W/2 - 10$	cm
- Lochneigung	α_L	≈ 20	Grad
- KIESOL-Einpressung unter	p	≈ 1 bis 8 bar	bis zum
- Verbrauch von	g	≈ 15	l/m^2 Querschnitt
- Wasseraufnahme von Gefüge und Hohlräumen	$\gamma_{W \max}$	≈ 15	Gew. %
<hr/>			
- entsprechende Höhe der Porenfüllung	h_{mittel}	≈ 10	cm

Zur Veranschaulichung des Sanierungssystems dient die folgend wiedergegebene Skizze.

Bild

Nicht maßstabsgetreue Darstellung der etwa hundert Jahre alten Sandsteinwände des Objektes 'Alte Oper Frankfurt', die eine KIESOL-Injektion im Bohrlochverfahren als horizontale Feuchtigkeitsschutz erhielten. Der gegenseitige Abstand zwischen den Lochungen im Sandstein-Mauerwerk betrug etwa 150 Millimeter.



Vor seinem Einsatz hatten wir das beschriebene KIESOL-Mauertrocknungs-Verfahren eingehend neben anderen Systemen in den nassen Wänden analysiert und als erfolgreich ausgewählt.

Im folgenden wird nach nunmehr vierzehn Jahren Nutzung des Hauses über das Resultat berichtet.

3. Örtlicher Befund

Die an einigen hundert Quadratmeter Querschnittsfläche sanier-
ten 'Mammut-Wände' ließen in den zugängigen Bereichen folgendes
erkennen:

- Vereinzelt ist es oberhalb der Injektionsebene bis in
Deckenhöhe zu leichten, kellerüblichen Ausblühungen gekom-
men. Diese Erscheinung ist an verputzten Flächen ausgeblie-
ben.
- Im Bereich verputzter und unverputzter Wände wurde in der
Höhe

$$h = 0 \text{ bis } 15 \text{ cm}$$

Über der Oberkante des Fußbodens bis zur Eindringtiefe der
Prüfung zu

$$t_{\text{Nutz}} \approx 20 \text{ mm}$$

folgender Wassergehalt ermittelt:

$$\gamma_W = 7 \text{ bis } 9 \text{ Gew.}\%$$

Demnach sind diese Abschnitte feucht.

- Die zuvor angesprochenen Wände wiesen ab Beginn der Injek-
tionsebene, also in einer Höhe

$$h > 20 \text{ cm},$$

Über der Oberkante des Fußbodens - wiederum bis zur Ein-
dringtiefe der Prüfung - folgenden Wassergehalt auf:

$$\gamma_W < 1 \text{ Gew.}\%$$

Demnach sind vierzehn Jahre nach der KIESOL-Sanierung die
Wände mehr als zufriedenstellend trocken.

- Ausnahmen von der zuvor beschriebenen Regel wurden an keiner
der umfangreich zugängigen Wandflächen des großen Objektes
festgestellt.

Es läßt sich damit sagen, daß der Trocknungserfolg, insbeson-
dere auch hinsichtlich seiner Langzeitwirkung, über dem erwar-
teten Maß liegt.

4. Meßtechnische Bewertung

Zur quantitativen Bewertung der zuvor beschriebenen Feststellungen erfolgte an den nackten und verputzten 'Mammut-Wänden' eine höhenabhängige Messung des Feuchtigkeitsgehaltes, und zwar wiederum zwischen der Wandoberfläche und einer Eindringtiefe von etwa 2 Zentimetern. Im einzelnen wurde ermittelt:

I Der höhenabhängige Wassergehalt durch gravimetrische Messung entnommener Proben als Eichwerte.

II Die korrespondierende dielektrische Verschiebung, welche maßgeblich von der extrem großen Dielektrizitätskonstante des Wassers bestimmt wird und mit der deshalb über die Eichwerte unmittelbar auf den Wassergehalt im Baustoff rückgeschlossen werden konnte.

Mit dem in Punkt II beschriebenen kapazitiven elektronischen Verfahren wurden die Feuchtigkeitsverhältnisse in den Wandoberflächen umfangreich zerstörungsfrei vor Ort geprüft.

Das pauschaliert in ein Diagramm gebrachte Ergebnis befindet sich in der Anlage des Schreibens. Mit den dazugehörigen Kommentaren folgt als anschauliches Resultat, daß mit der durchgeführten Bohrloch-Verkieselung der oberflächige Feuchtigkeitsgehalt an den gut abgelüfteten Wänden langfristig auf folgenden Wert abgesenkt worden ist:

$$\gamma_W \text{ mit AIDA-KIESOL} = \frac{1}{11^*} \cdot \gamma_W \text{ ohne AIDA-KIESOL}$$

* Gilt gemäß dem anliegenden Diagramm wegen $11,56/1,05 \approx 11$.

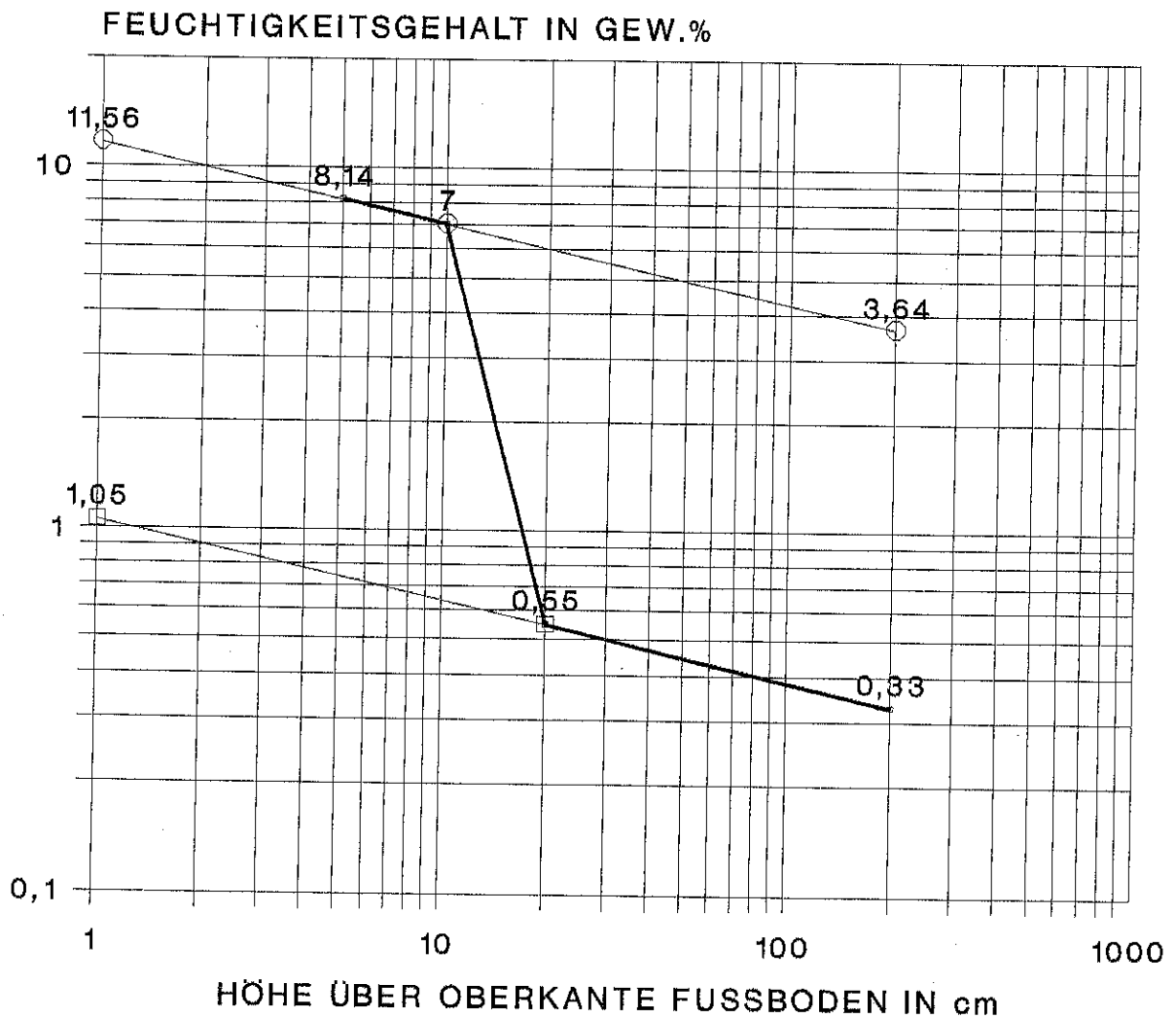
5. Resultat

Aus der Untersuchung geht hervor, daß mit der im Bild auf Seite 3 gezeigten AIDA-KIESOL-Horizontalabdichtung der kapillare Feuchtigkeitsanstieg in den 'Mammut-Mauerwerkswänden' der Alten Oper in Frankfurt auch 14 Jahre nach dem Einbau auf weniger als 10 % des Ursprungswertes abgesenkt werden konnte. Es wurde damit allseits ausreichende Trockenheit gewonnen.



(Der Sachverständige)

HÖHENBEDINGTE FEUCHTIGKEITSABKLINGUNG
IM OBERFLÄCHENBEREICH VON 2 m DICKEM
SANDSTEIN-MAUERWERK MIT KIESOL-SPERRE



DARGESTELLTE KURVEN

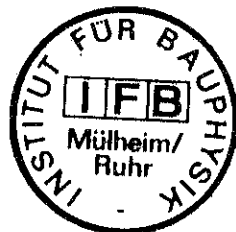
— MEßWERTE KIESOL □ EXTRAPOL. KIESOL

○ EXTRAPOL. OHNE KIESOL

OBJEKT: ALTE OPER; FRANKFURT
UNTERSUCHUNGEN AM 12.3. + 27.4.1992

Institut für Bauphysik
Dipl.-Ing. Horst R. Grün
Großenbaumer Straße 240
4330 Mülheim an der Ruhr

den 18.1.1993



Horst R. Grün
(Sachbearbeiter)