

Völkerschlachtdenkmal Leipzig



Die Restaurierung des Reiterreliefs

Dipl.-Ing. Stefan Weise

Bauwerksdiagnostik & Instandsetzungskonzepte

Heidelmann & Klingebiel Planungsgesellschaft mbH . Dresden

Völkerschlachtdenkmal Leipzig



Eine Zusammenfassung von 10 Jahren Tätigkeit

ARGE Völkerschlachtdenkmal . Leipzig

BASF Wall Systems GmbH & Co.KG . Marktredwitz

Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. . Dresden

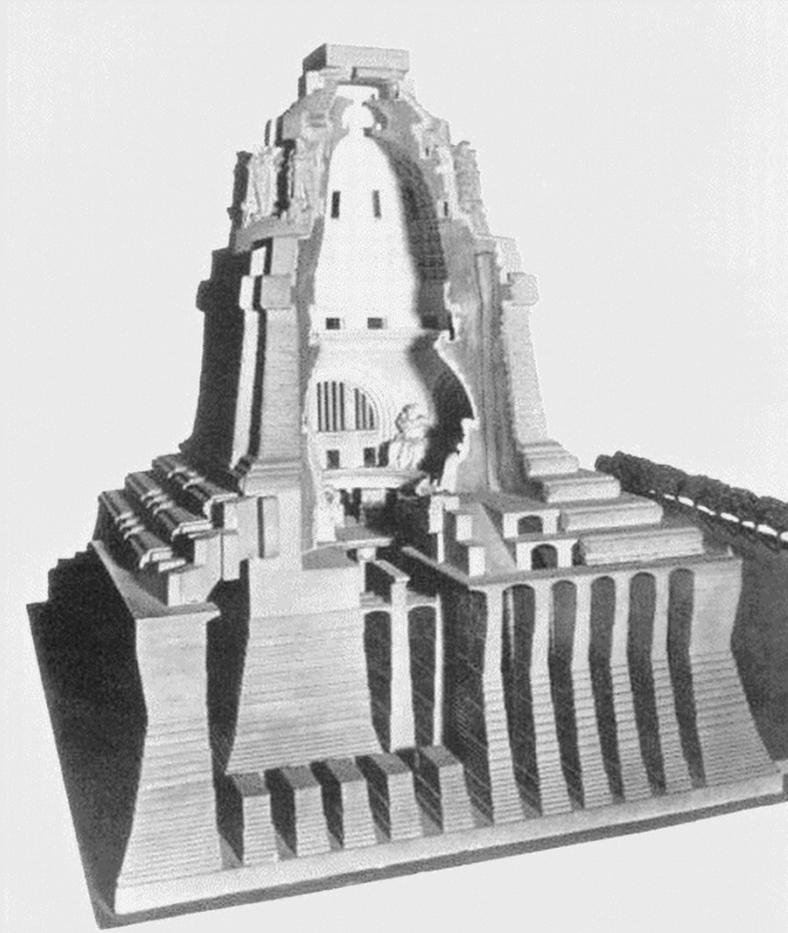
Zahlen



Bauzeit 1898 – 1913 . Architekt Bruno Schmitz

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

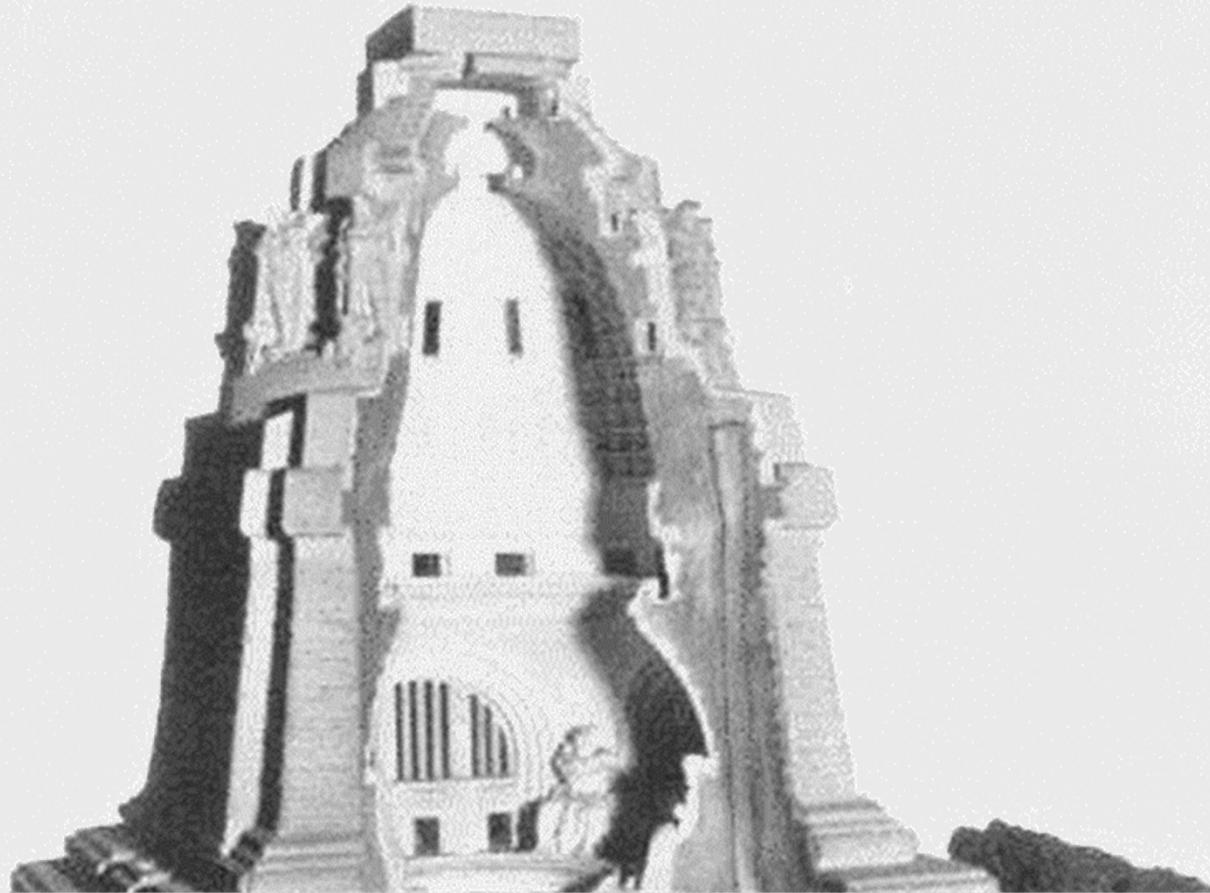
Zahlen



Gewicht ca. 300.000 t . Beton ca. 120.000 m³ . Zement ca. 20.000 t . Kiessand 190.000 t
Granitporphyr ca. 12.500 m³ . Außenfugen ca. 40.000 m . Reiterkuppel ca. 1.800 m²

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Zahlen



Gewicht ca. 300.000 t . Beton ca. 120.000 m³ . Zement ca. 20.000 t . Kiessand 190.000 t
Granitporphyr ca. 12.500 m³ . Außenfugen ca. 40.000 m . Reiterkuppel ca. 1.800 m²

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Zahlen



Gewicht ca. 300.000 t . Beton ca. 120.000 m³ . Zement ca. 20.000 t . Kiessand 190.000 t
Granitporphyr ca. 12.500 m³ . Außenfugen ca. 40.000 m . Reiterkuppel ca. 1.800 m²

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

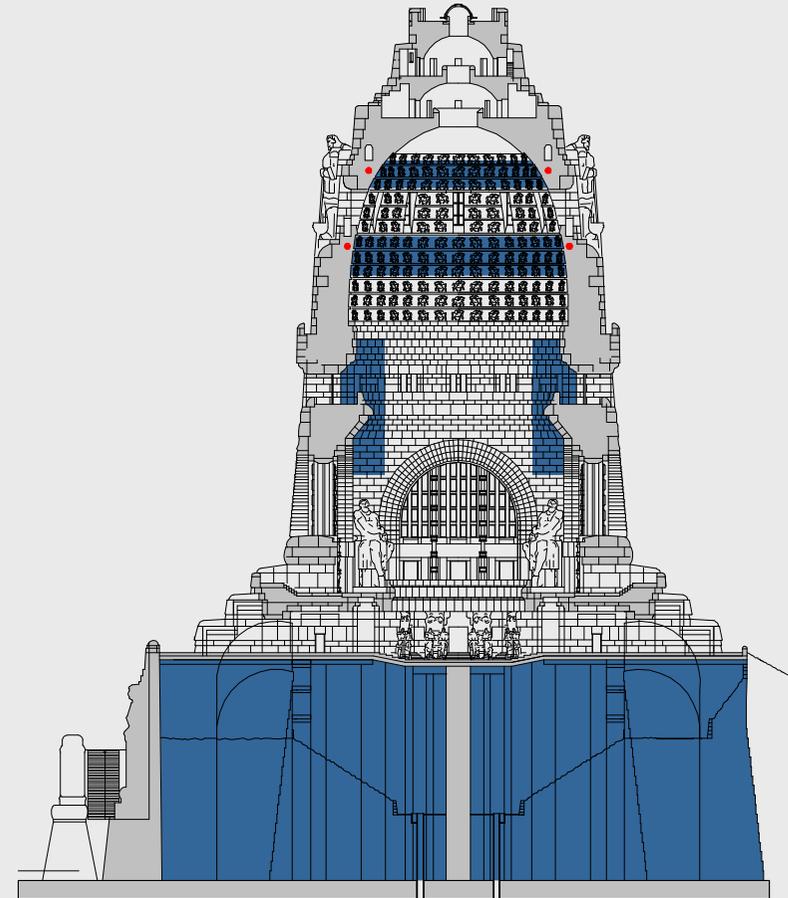
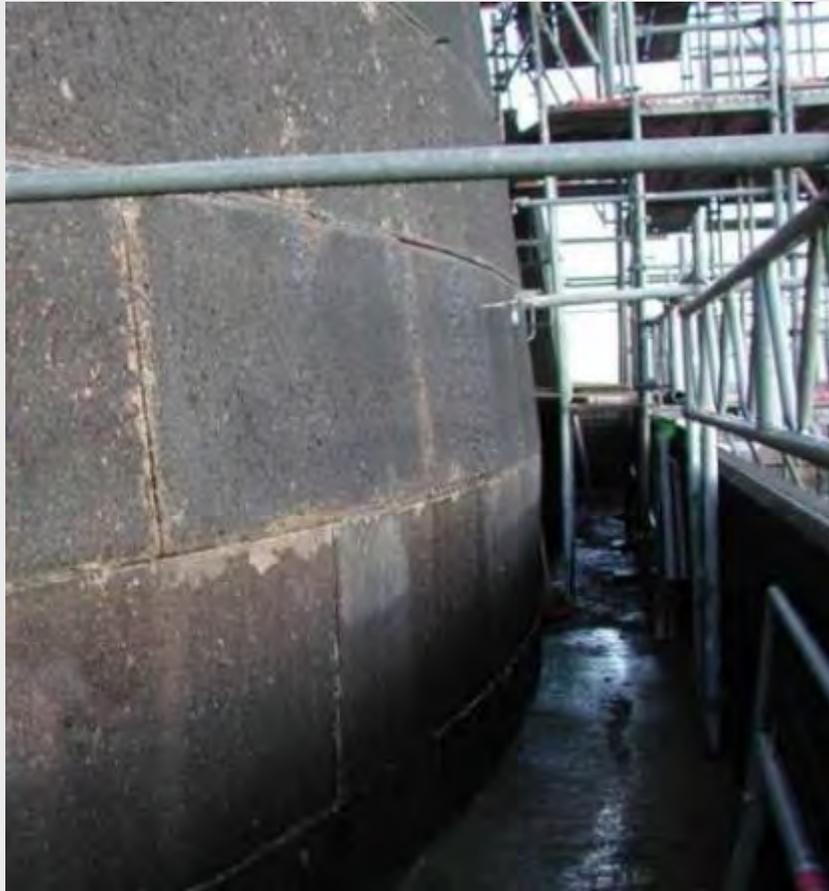
Hauptschadensursachen



offene Fugen . fehlende Horizontalabdichtungen . defekte innenliegende Entwässerungsleitungen

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Hauptschadensursachen



offene Fugen . fehlende Horizontalabdichtungen . defekte innenliegende Entwässerungsleitungen

70 – 100 l Wasser in einem 1 m³ Beton

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Schadensbilder



Durchfeuchtung . Aussinterungen

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Schadensbilder



Durchfeuchtung . Salzausblühungen . korrodierte Bewehrungseisen . Gefügezerstörung

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Außeninstandsetzung



Flüssigabdichtung in den Umgängen . Inliner in den Abflussleitungen

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Außeninstandsetzung



Steinersatz . Fugeninstandsetzung

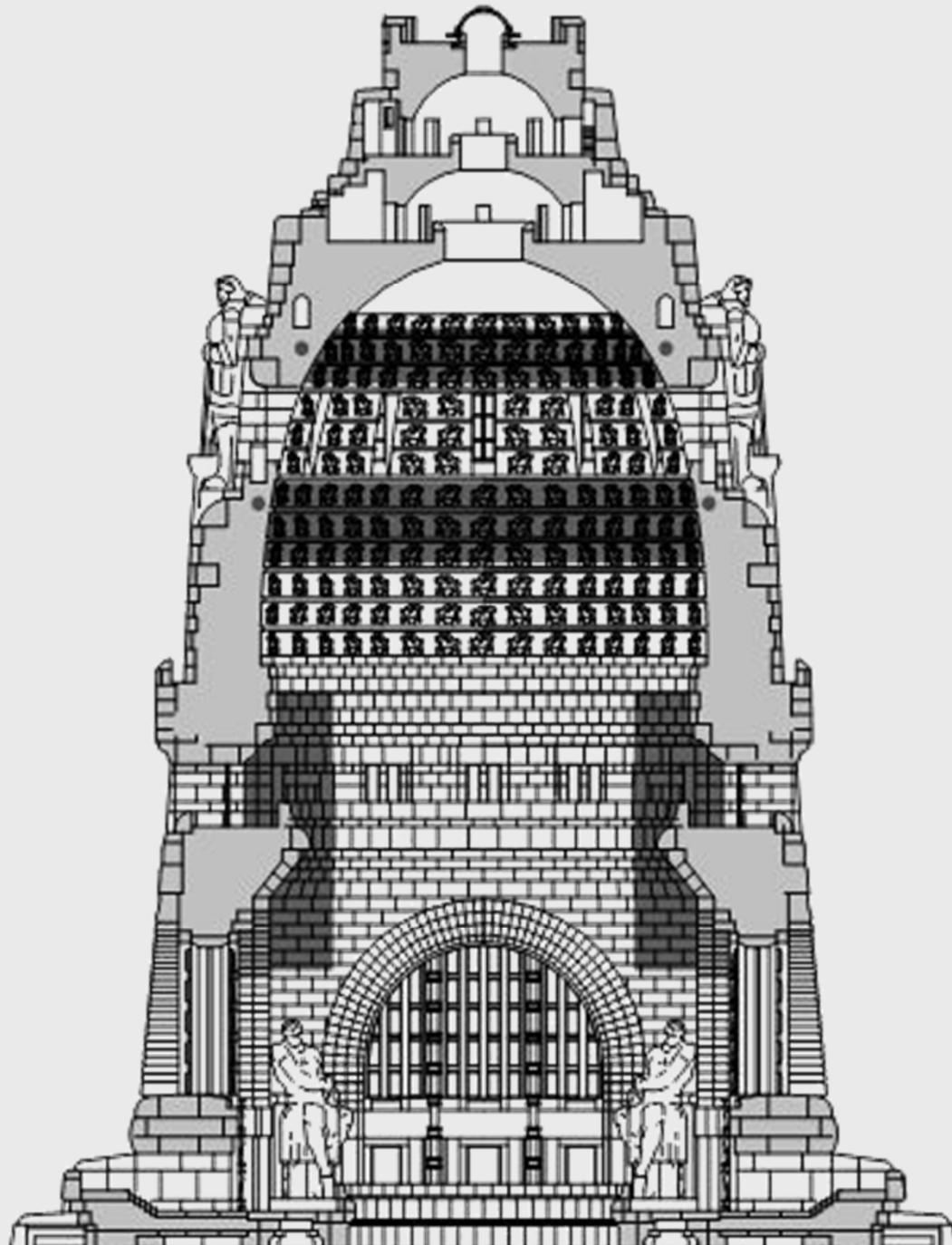
Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Projekt der DBU zur Fugeninstandsetzung

<small>06/02</small> Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt		
Az 18432	Referat 45	
Antragstitel Modellprojekt zur Entwicklung einer nachhaltig wirksamen Instandsetzungstechnologie für die schadstoffbelastete Außenhülle des Völkerschlachtdenkmal in Leipzig (Sachsen)		
Stichworte Denkmal, Gebäude, Naturstein		
Laufzeit Projektbeginn Projektende Projektphase(n) 3 Jahre und 7 Monate 16.01.2001 31.08.2004 1		
Förderbereich 2001 - 2003 III.12.1 Umweltbildung <i>Umwelt und Kulturgüter</i> Beseitigung von Umweltschäden und Schutz vor negativen Umwelteinflüssen		
Bewilligungsempfänger Stadt Leipzig Kulturamt Haus des Buches Gerichtsweg 28 04103 Leipzig Kooperationspartner Stadt Leipzig / Kulturamt Stadt Leipzig / Hochbauamt Förderverein Völkerschlachtdenkmal e.V. Wissenschaftliche Technische Arbeitsgemeinschaft Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. – WTA Referat Naturstein u. a.		Tel 03 41 / 1 23 - 42 80 Fax 03 41 / 1 23 - 42 42 Projektleitung Bearbeiter Herr Steckel
Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer nachhaltig wirksamen Instandsetzungstechnologie für typische Fugensituationen an Bauwerken, die um die Jahrhundertwende in so genannter Verbundbauweise Stampfbeton/Eisenbeton/Naturstein errichtet wurden. Die wirksamen Instandsetzungstechnologien sollen modellhaft für die natursteinsichtige Außenhülle am		

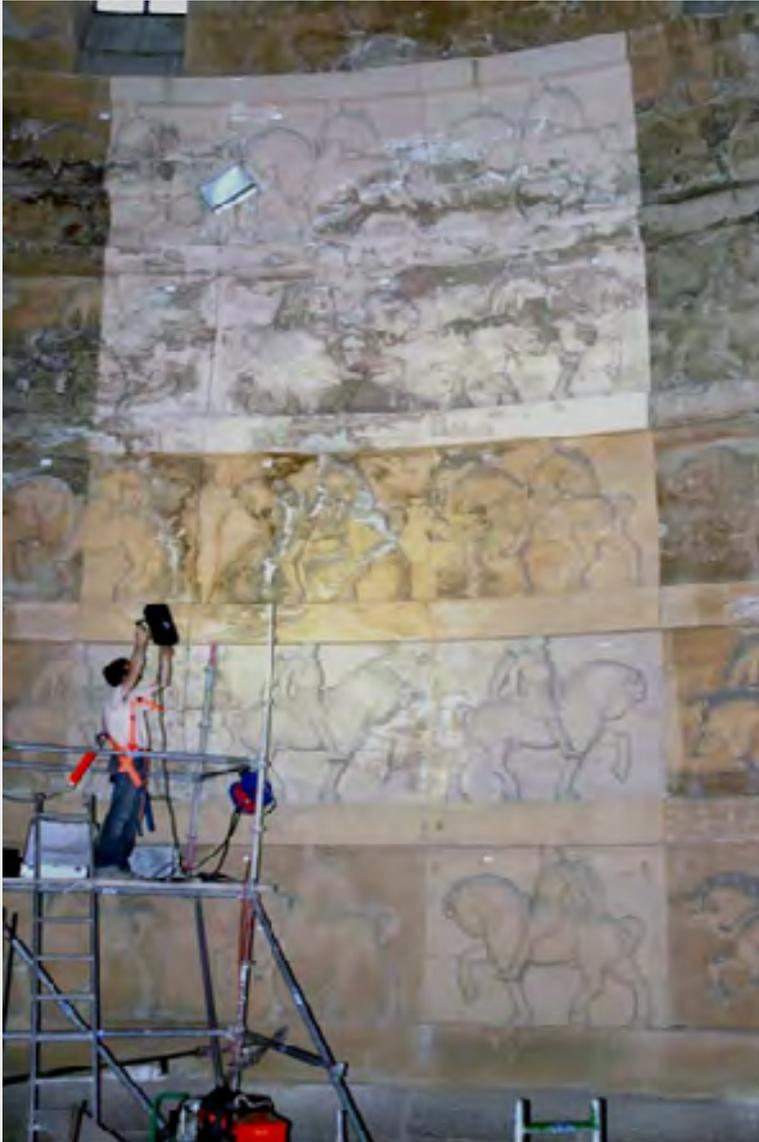
Dipl.-Ing. Stefan Weise - Heidelmann & Klingebiel Planungsgesellschaft mbH - Schnorrstraße 70 - 01069 Dresden







Voruntersuchungen

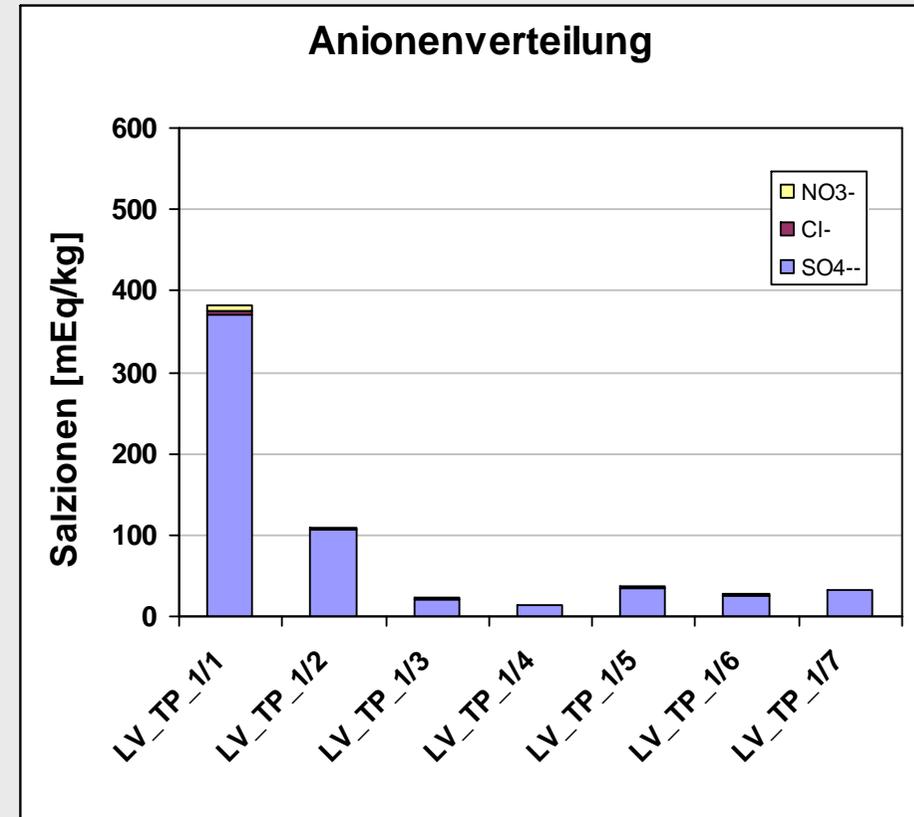
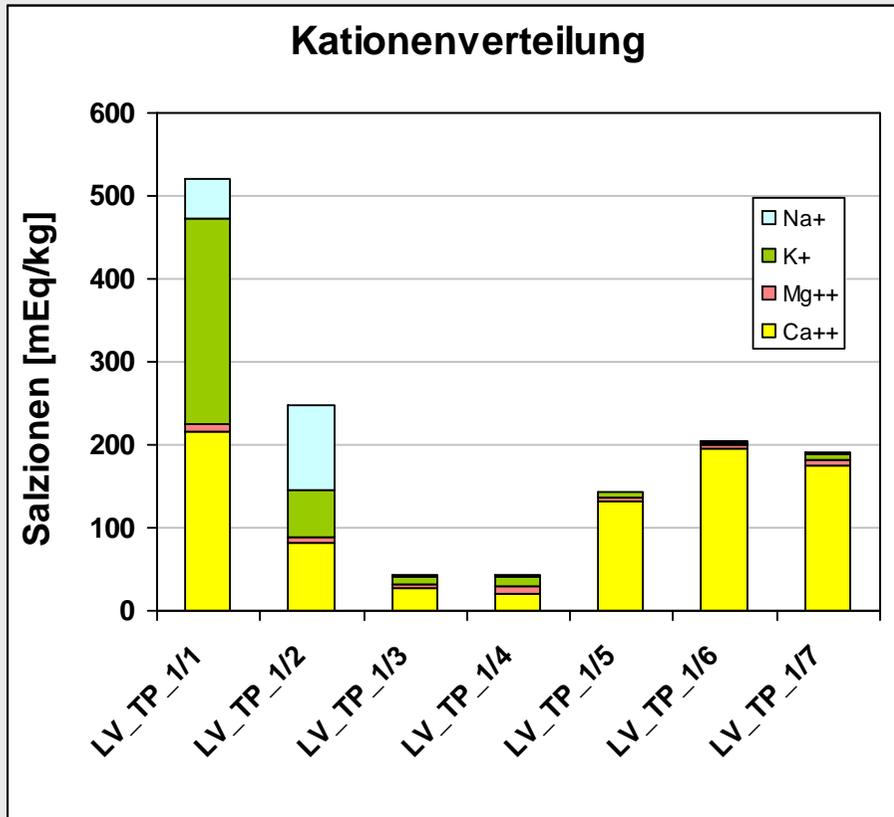


Ergebnisse Nachuntersuchungen im Jahr 2006
an einer Musterachse aus 2002

- Steinerergänzungsmörtel augenscheinlich intakt
- Salzminderungsmaßnahmen augenscheinlich ohne Erfolg
- Kalk-Kasein-Farben und Silikatfarben lösen sich großflächig vom Untergrund
- Feuchtegehalt im oberflächennahen Bereich 1,2 Ma.% mit in die Tiefe zunehmender Tendenz, bei 20 cm 3,85 Ma.%
- erhöhte Belastung mit Sulfaten (Calcium-, Kalium- und Natriumsulfate) bis 2 cm Tiefe

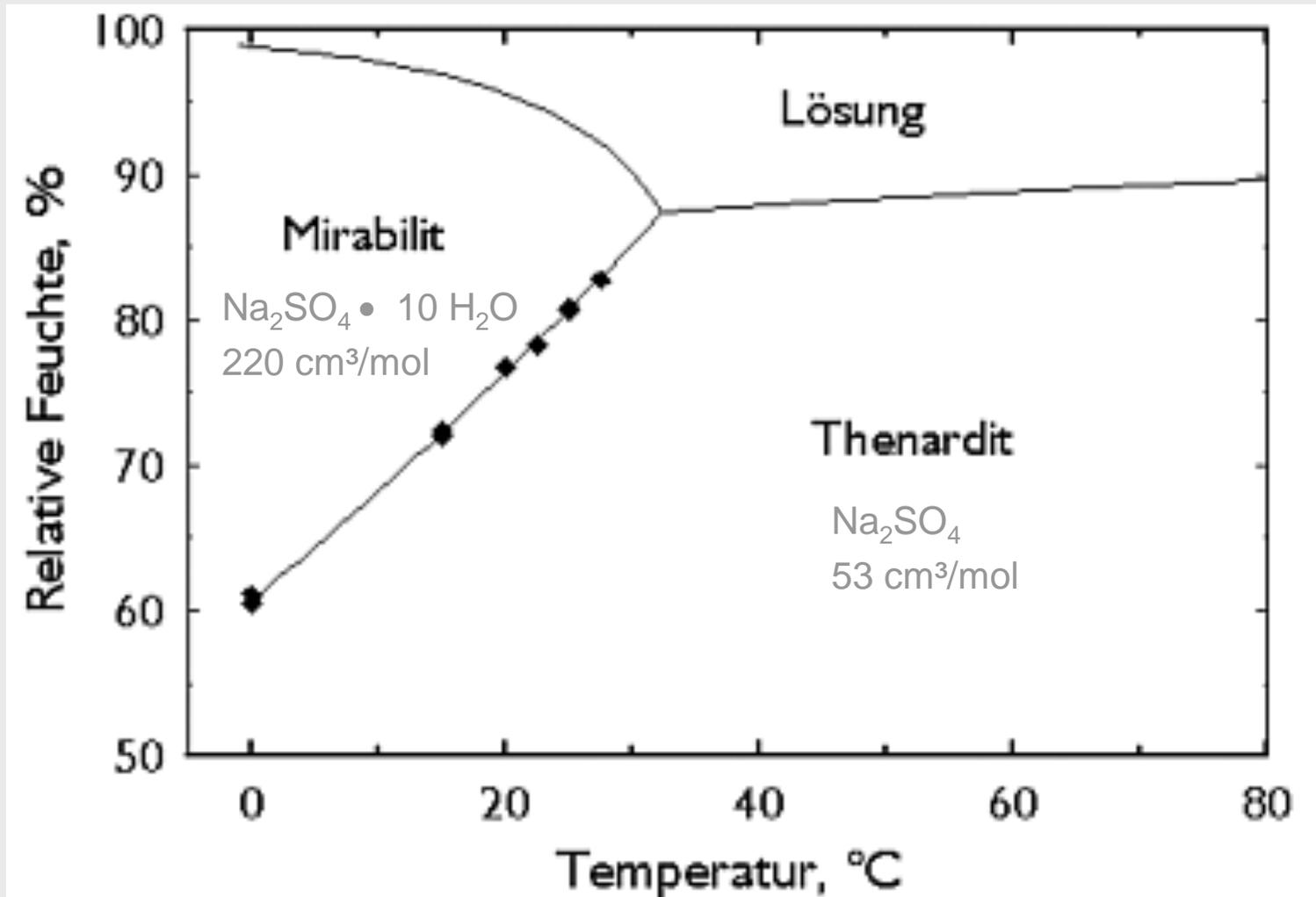
Quelle: IDK e.V., Bericht DD 35/2006

Voruntersuchungen

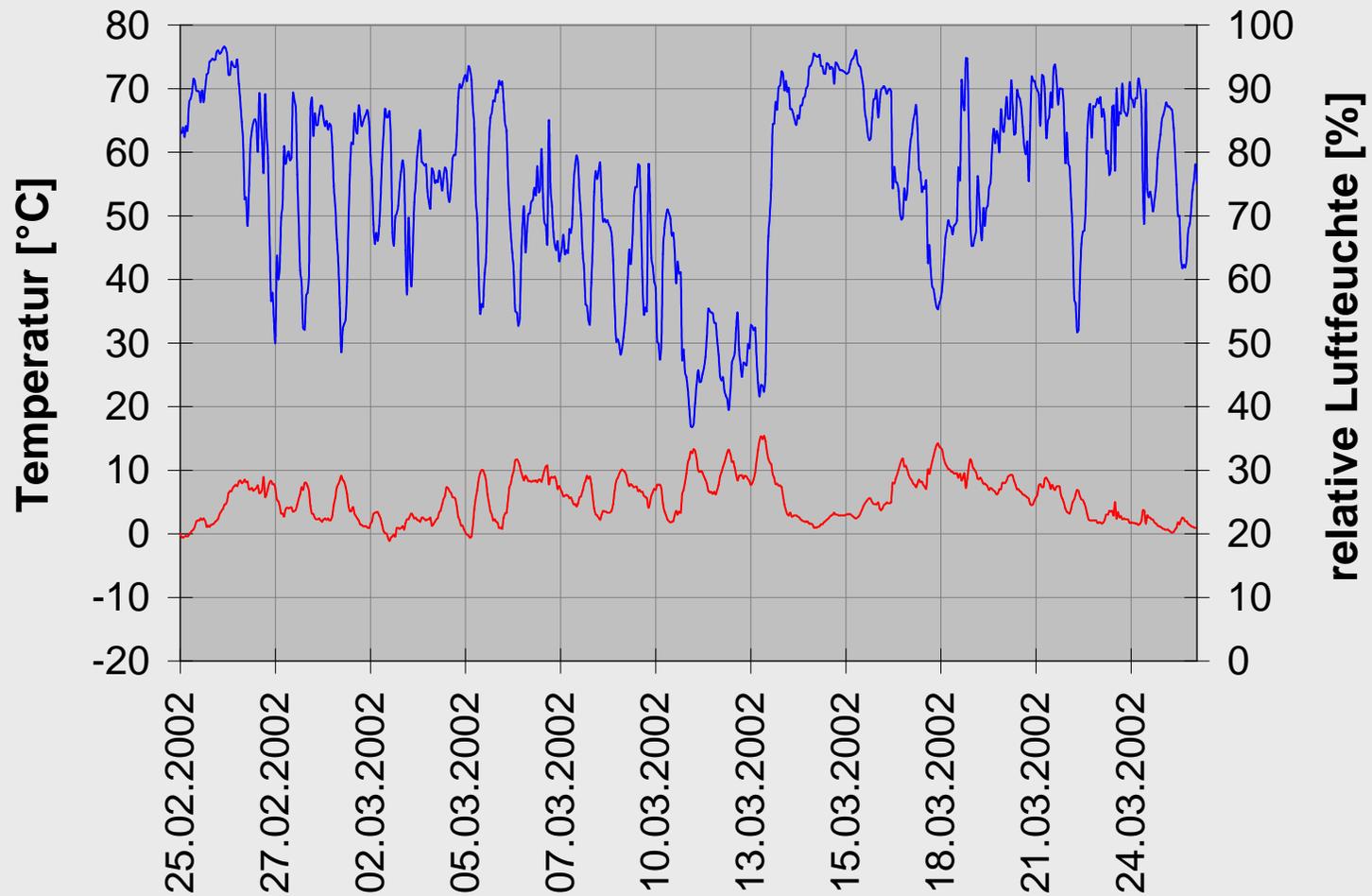


Quelle: IDK e.V., Bericht DD 35/2006

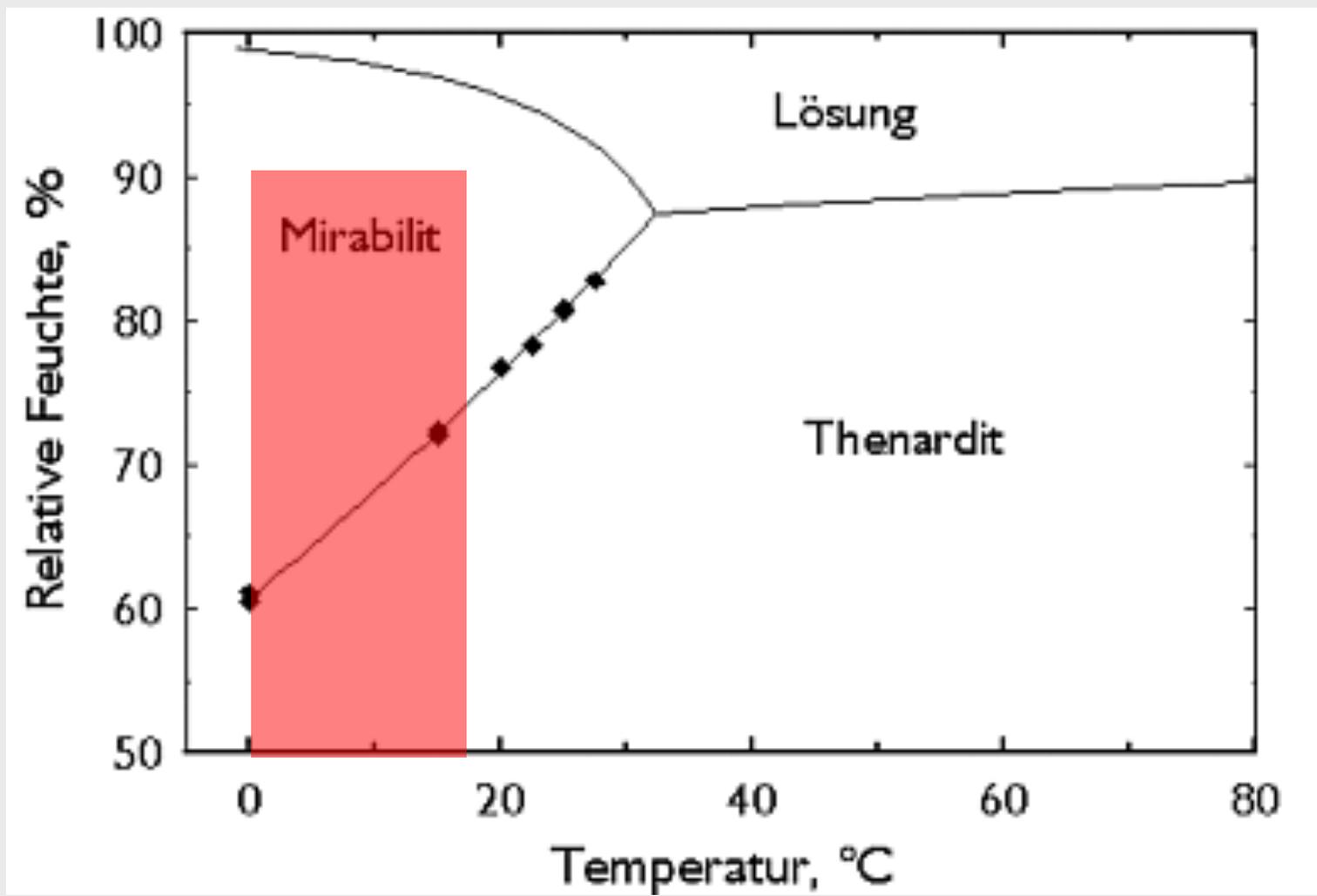
Hydratstufen von NaSO_4

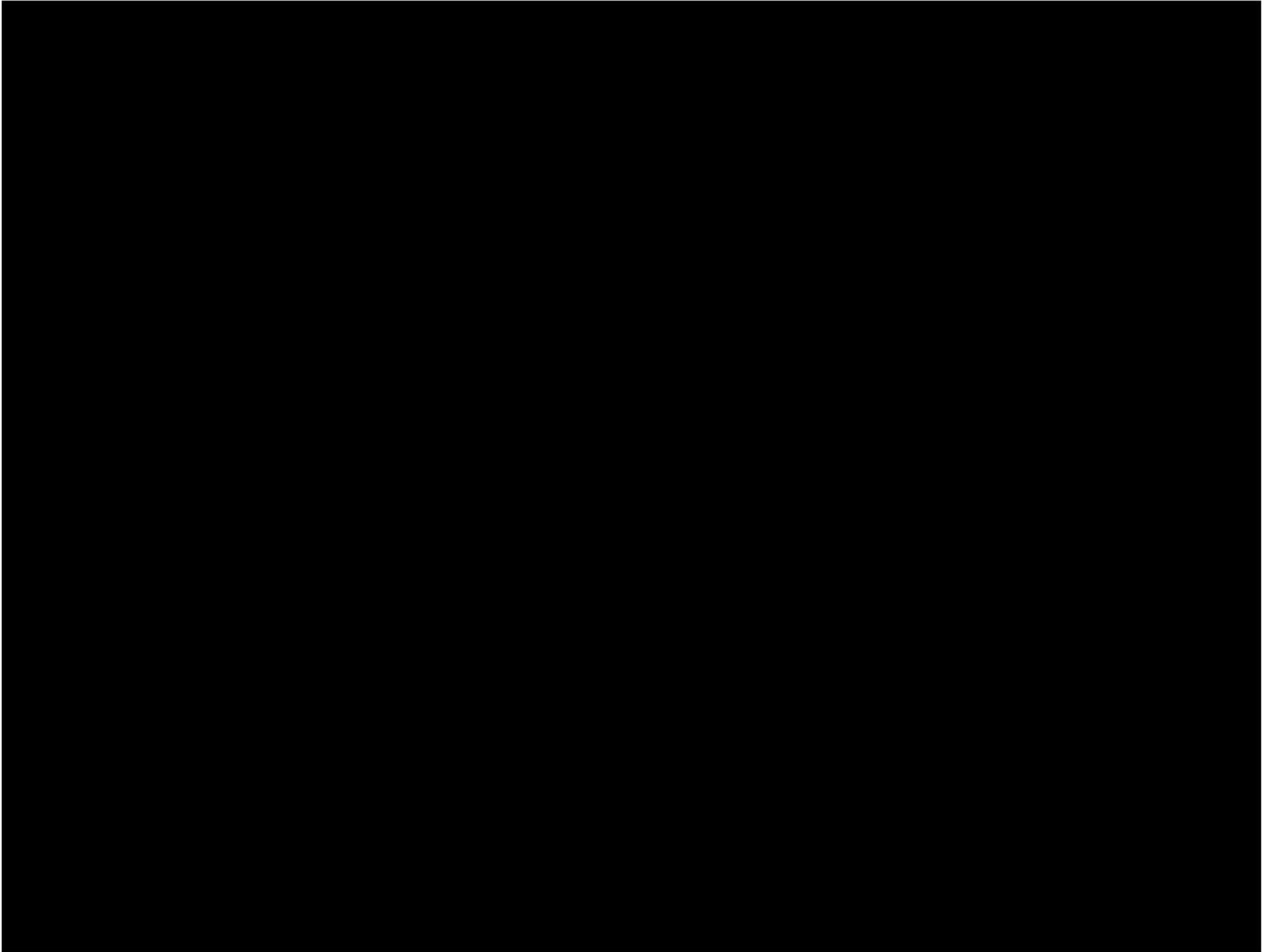


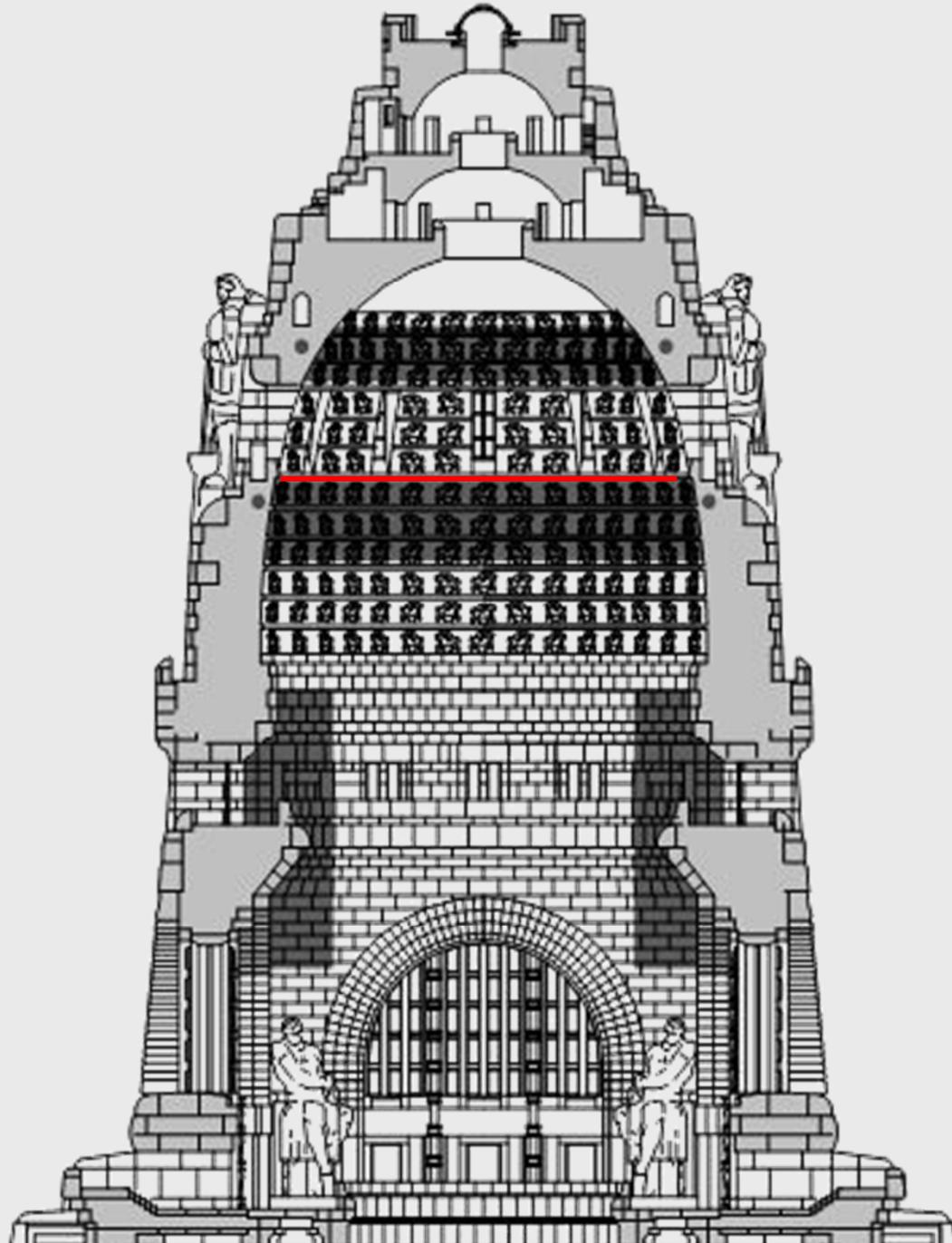
Klimadiagramm Innenraumklima - Detail

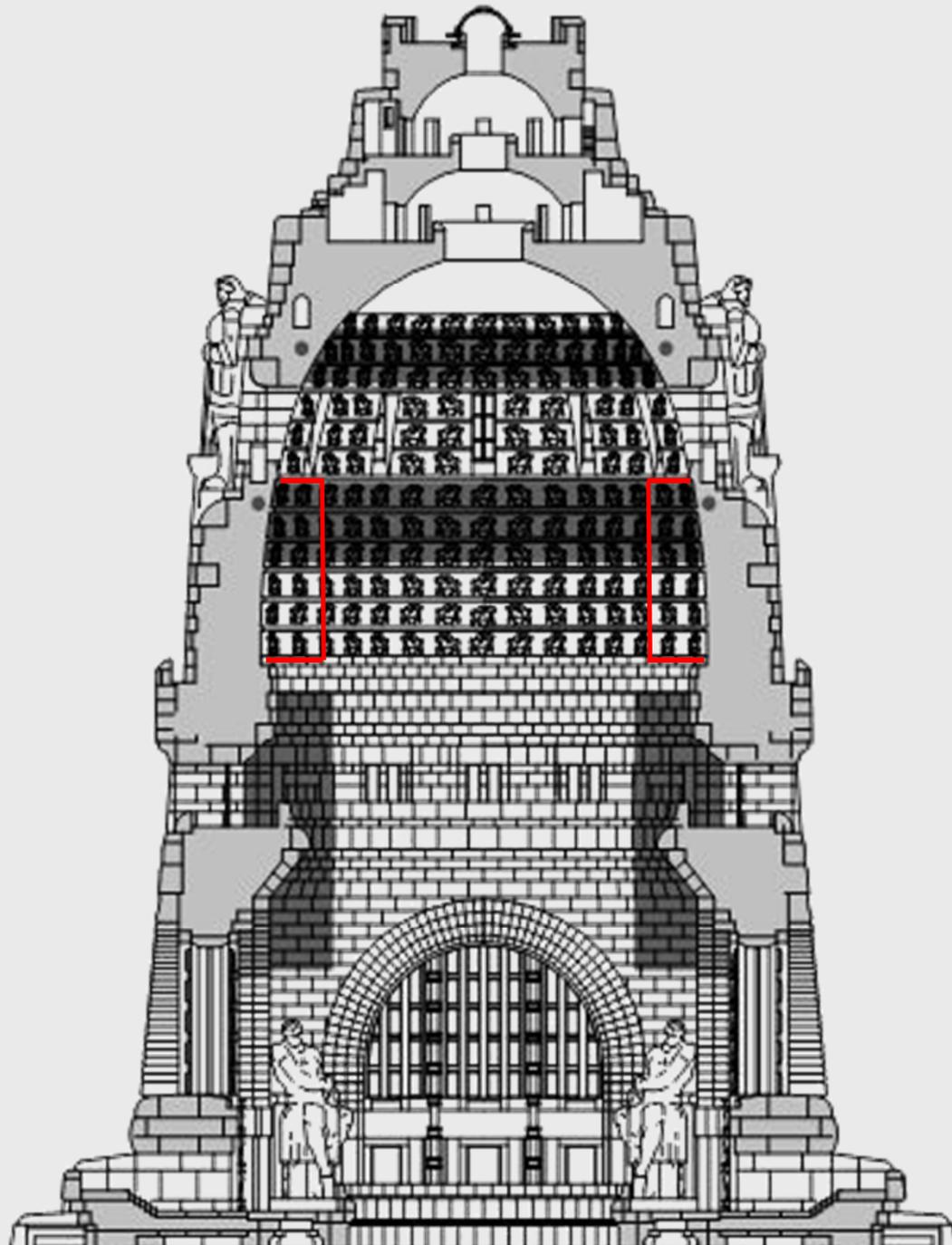


Hydratstufen von NaSO_4











Voruntersuchungen Salzminderungskompressen

Tab. 1: Beschreibung der Kompressenmaterialien und Bewertung (++ sehr gut, + gut, +/- durchschnittlich, - schlecht, -- sehr schlecht)

Probe	Beschreibung	Bewertungskriterien				
		Applikation	Trocknung	Abnahme	Rückstände	Entsalzung
VD_K1	Mischung Bentonit und Arbocel BC 200 ¹ (1:4 Vol.Teilen)	++	-- ^A	n.b.	- ^C	n.b.
VD_K2	Lehmkompresse ²	++	- ^B	+/-	- ^C	n.b.
VD_K3	Remmers Entsalzungskompresse ³	+	++	- ^D	+ ^E	++
VD_K4	Arbocel BC 200	+/-	+ ^F	++	++ ^G	++

n.b. nicht bewertbar

A Kompresse vom Untergrund gelöst

B stark gerissen

C Rückstand (Schleier) auf der Oberfläche

D sehr fest

E leichte Rückstände (Schleier) auf der Oberfläche

F teilweise Ablösungen vom Untergrund

G minimale Rückstände in Vertiefungen und größeren Poren

Quelle: IDK e.V., Bericht DD 16/2007

Maßnahmenkatalog Salzreduzierung

1. Reinigung der gesamten Oberflächen im Vakuum-Waschverfahren.
2. Benetzung der Oberflächen mit ca. 2 l/m² deionisiertem Wasser zur Mobilisierung löslicher Salzverbindungen und abtrocknen ohne Kompressenaufgabe.
3. Lokalisierung und Markierung von Bereichen mit hoher Salzbelastung (Salzausblühungen). In diesen Bereichen wird eine Salzreduzierung ... ausgeführt.
4. Reinigung der ausgewählten Bereiche mit dem Vakuum-Waschverfahren.
5. Flutung der Bereiche mit ca. 4 l/m² deionisiertem Wasser über mehrere Stunden.
6. Aufbringen der Kompressenmatte mit einer durchschnittlichen Stärke von 20 mm. Abhängen mit Folie und minimaler Trockenzeit von 2 Wochen (hierzu ist eine permanente Raumklimatisierung/Trocknung erforderlich). Falls nach 2 Wochen keine ausreichende Trocknung festzustellen ist, sind die Folien zu entfernen und die Austrocknung des Kompressenmaterials abzuwarten.
7. Wiederholung von Punkt 5 und 6 bis eine ausreichende Salzreduzierung nachgewiesen werden kann.

...

Quelle: IDK e.V., Bericht DD 16/2007

Analytische Begleitung

Bestimmung des Gehaltes an bauschädlichen Salzen und Feuchtebestimmungen

- 2 Nullproben
- 10 Untersuchungspunkte mit jeweils:
 - Voruntersuchungen: 1 Tiefenprofil mit 3 Tiefen (0 – 1 / 1 – 2,5 / 2,5 – 5,0 cm)
 - Kontrolluntersuchung: 1 Tiefenprofil mit 3 Tiefen und eine Salzanalyse am Kompressenmaterial von einer Fläche 10 x 10 cm² nach jedem Salzreduzierungszyklus
- 6 Untersuchungen an Kompressen mit Salzausblühungen

Trocknung



Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH



Baustellenmischung Salzminderungskompresse inzwischen erhältlich als Rajasil ESK (Entsalzungskompress)







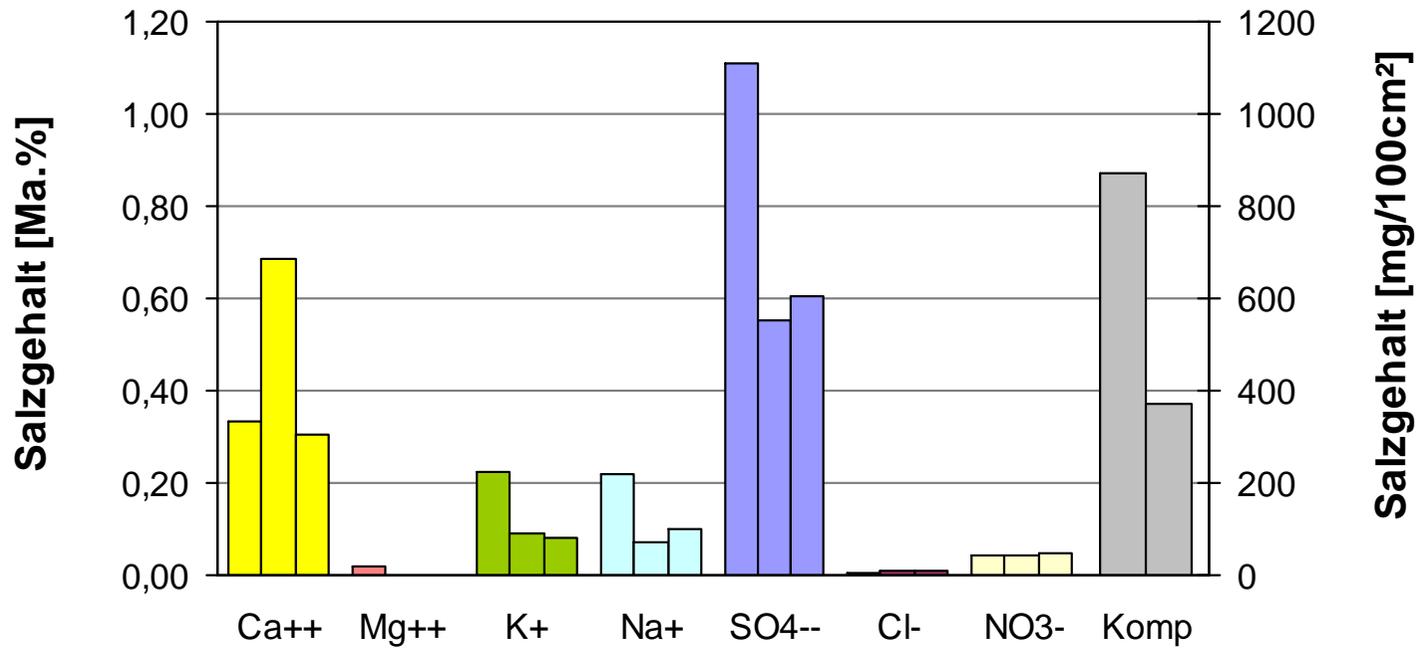
Ergebnisse Salzminderungsmaßnahmen

Quelle: IDK e.V., Bericht DD 47/2007

Probenahme- punkt	Bewertung
I	Voruntersuchung: geringe Salzgehalte im Gefüge Nachuntersuchung: geringer Salzgehalt in der Kompresse, Erhöhung des Ca-Gehaltes im Gefüge
II	Voruntersuchung: erhöhte Salzgehalte an Kalium-, Natrium- und Kalziumsulfat im Gefüge Nachuntersuchung: erhöhter Salzgehalt in der Kompresse, deutliche Reduzierung der Kalium- und Natriumsulfate (ca. 50% der Voruntersuchungen), Erhöhung des Ca-Gehaltes im Gefüge
III	Voruntersuchung: erhöhte Salzgehalte an Kalium-, Natrium- und Kalziumsulfat im Gefüge Nachuntersuchung: hoher Salzgehalt in der Kompresse, nahezu vollständige Reduzierung der Kalium- und Natriumsulfate, Erhöhung des Ca-Gehaltes im Gefüge
IV	Voruntersuchung: erhöhte Salzgehalte an Natrium- und Kalziumsulfat im Gefüge Nachuntersuchung: erhöhter Salzgehalt in der Kompresse, nahezu vollständige Reduzierung der Natriumsulfate, Erhöhung des Ca-Gehaltes im Gefüge
V	Voruntersuchung: hohe Salzgehalte an Natrium- und Kalziumsulfat und -nitrat im Gefüge Nachuntersuchung: hoher Salzgehalt in der Kompresse, nahezu vollständige Reduzierung der Kalium- und Natriumsulfate und -nitrate

Ergebnisse Salzminderungsmaßnahmen

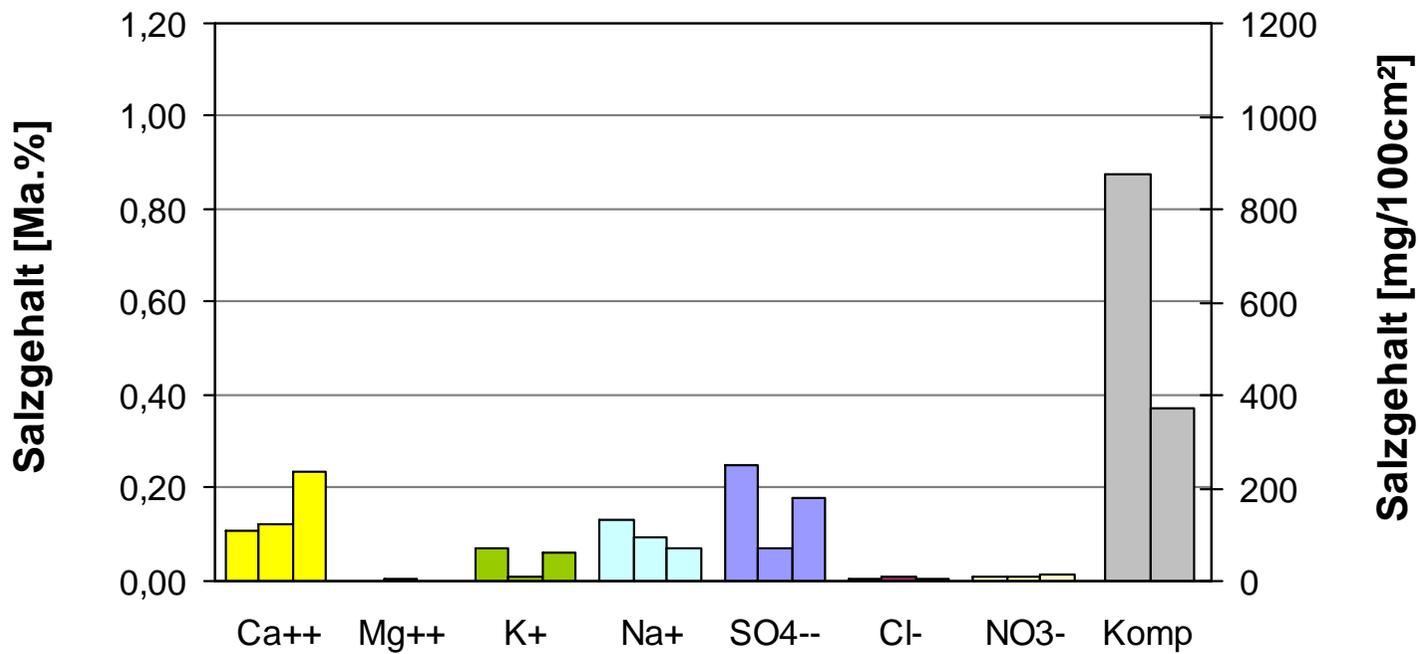
Probenahmepunkt III / Tiefe 0,0 - 1,0 cm



An- und Kationen (Voruntersuchung/1. Zyklus/2. Zyklus)

Ergebnisse Salzminderungsmaßnahmen

Probenahmepunkt III / Tiefe 1,0 - 2,5 cm



An- und Kationen (Voruntersuchung/1. Zyklus/2. Zyklus)

Analytische Begleitung

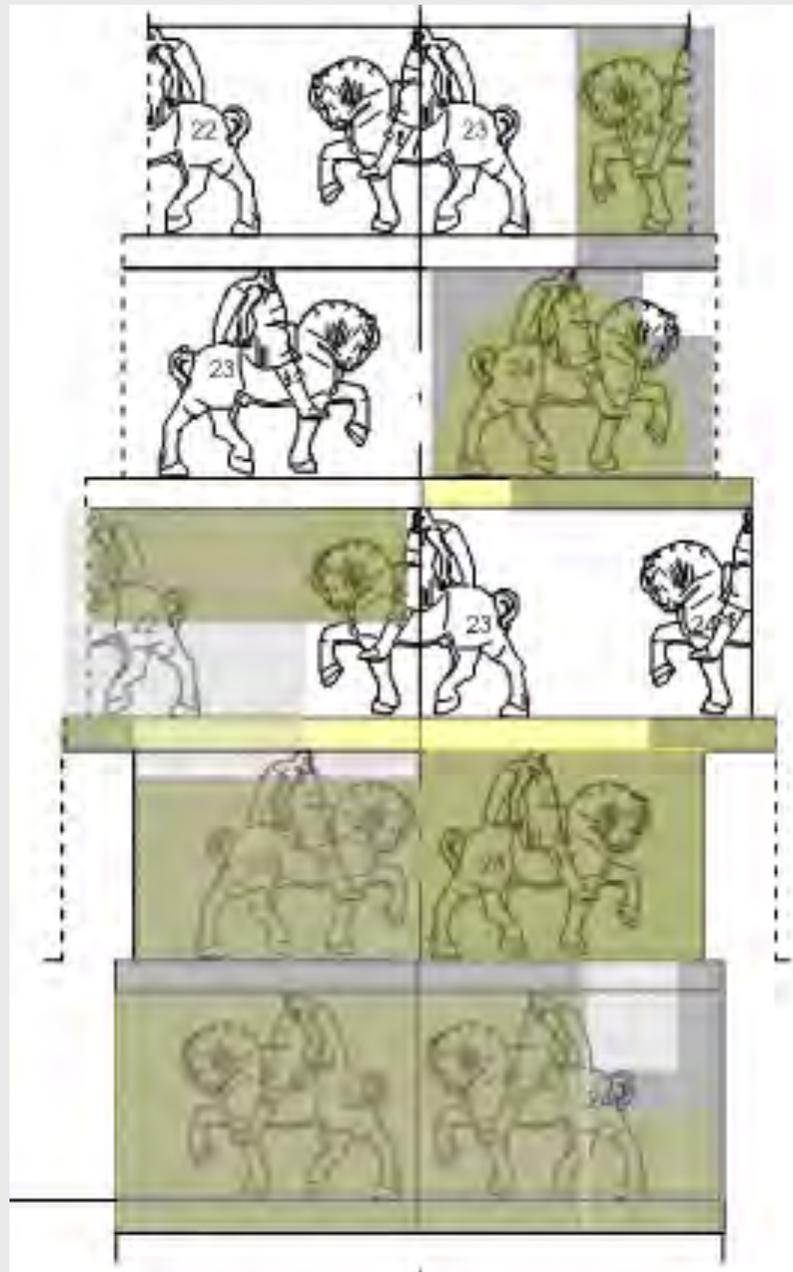
- 6 Untersuchungen an Kompressen mit Salzausblühungen

VD_KN_M1 2416 mg/100 cm²

VD_KN_M2 1018 mg/100 cm²

VD_KN_M3 548 mg/100 cm²

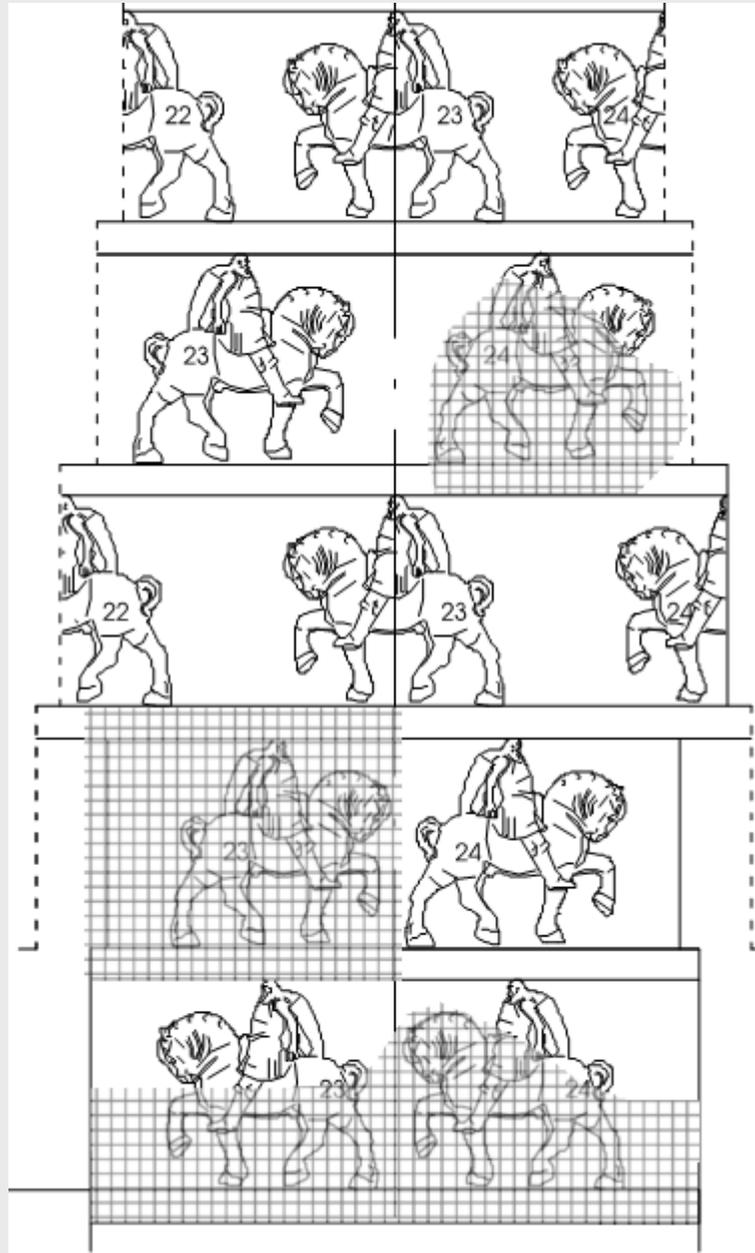
VD_KN_M4 1562 mg/100 cm²



Legende:

- Konservierung Zyklus I
- Konservierung Zyklus II
- Konservierung Zyklus III

Quelle: Nüthen Restaurierungen GmbH & Co.KG,
Maßnahmenkartierung BA4

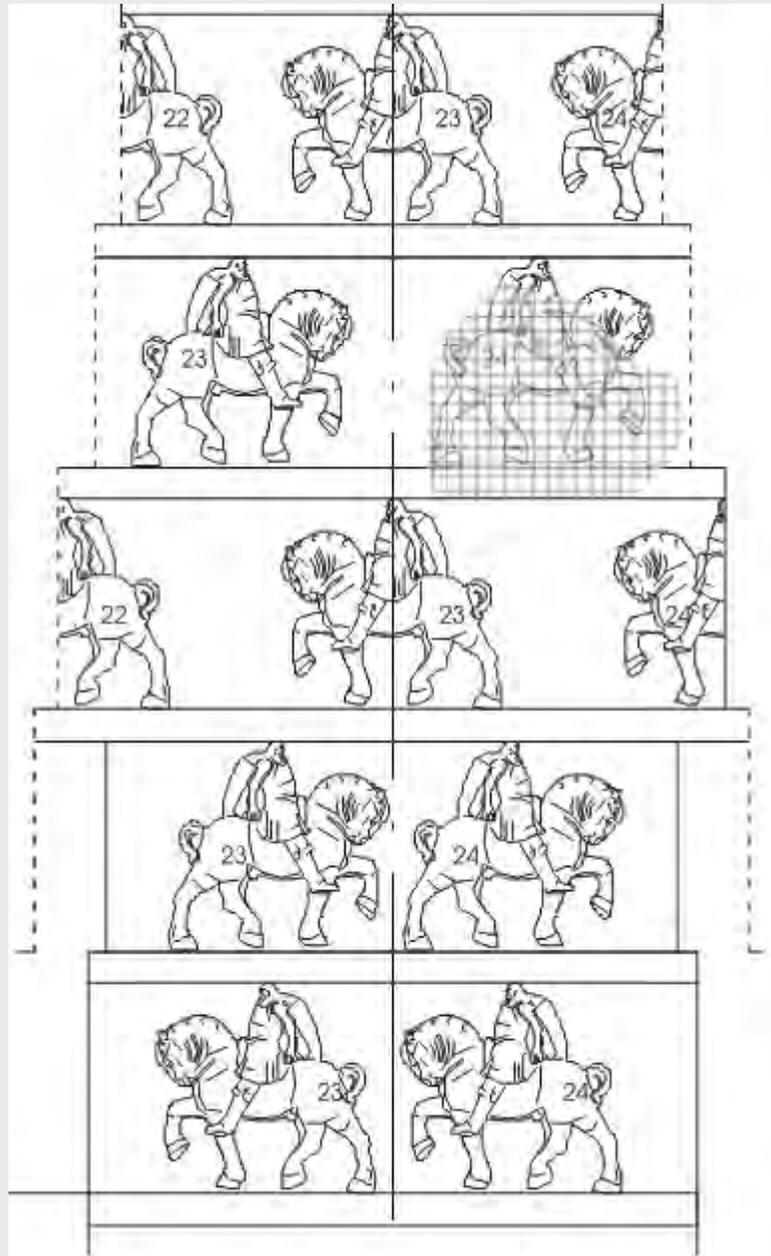


Legende:



sichtbare Salze auf Kompressen / Oberflächen
während des Zyklus III

Quelle: Nüthen Restaurierungen GmbH & Co.KG,
Maßnahmenkartierung BA4



Legende:



sichtbare Salze auf Oberflächen
nach dem Zyklus II

Quelle: Nüthen Restaurierungen GmbH & Co.KG,
Maßnahmenkartierung BA4

Ergänzungen



Ersatz stark geschädigter Reliefbereiche durch Abgüsse

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH



324 neue Reiterstiefel



Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Ergänzungen



Restaurierung

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH







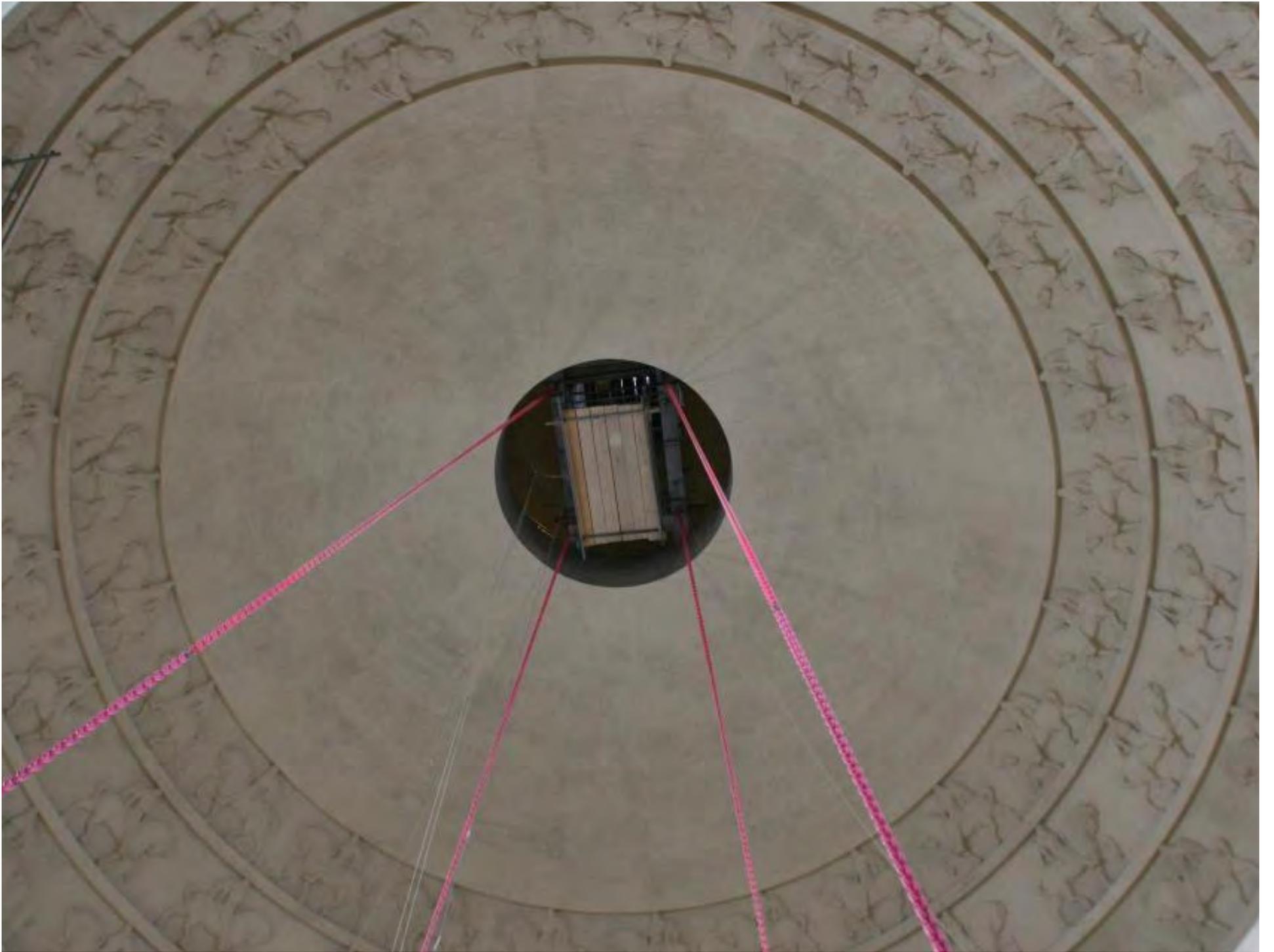
fertiggestellter 4. Bauabschnitt



imprägnierende Grundierung und Siliconharzlasur

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

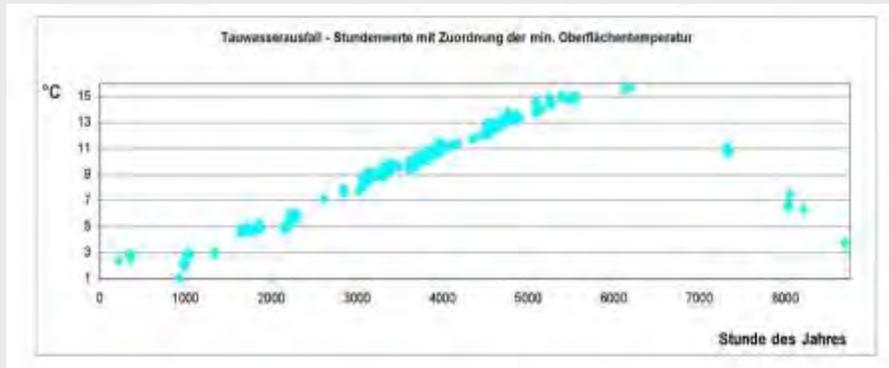
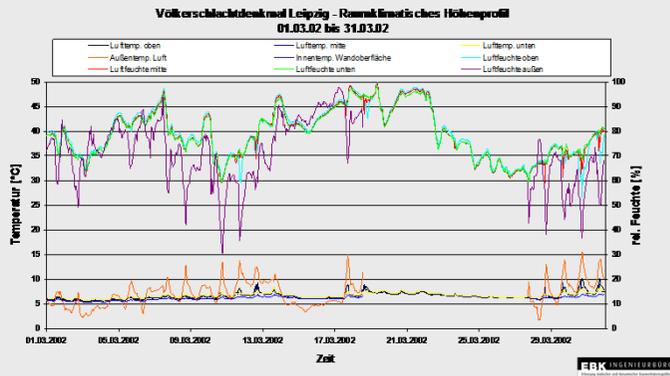




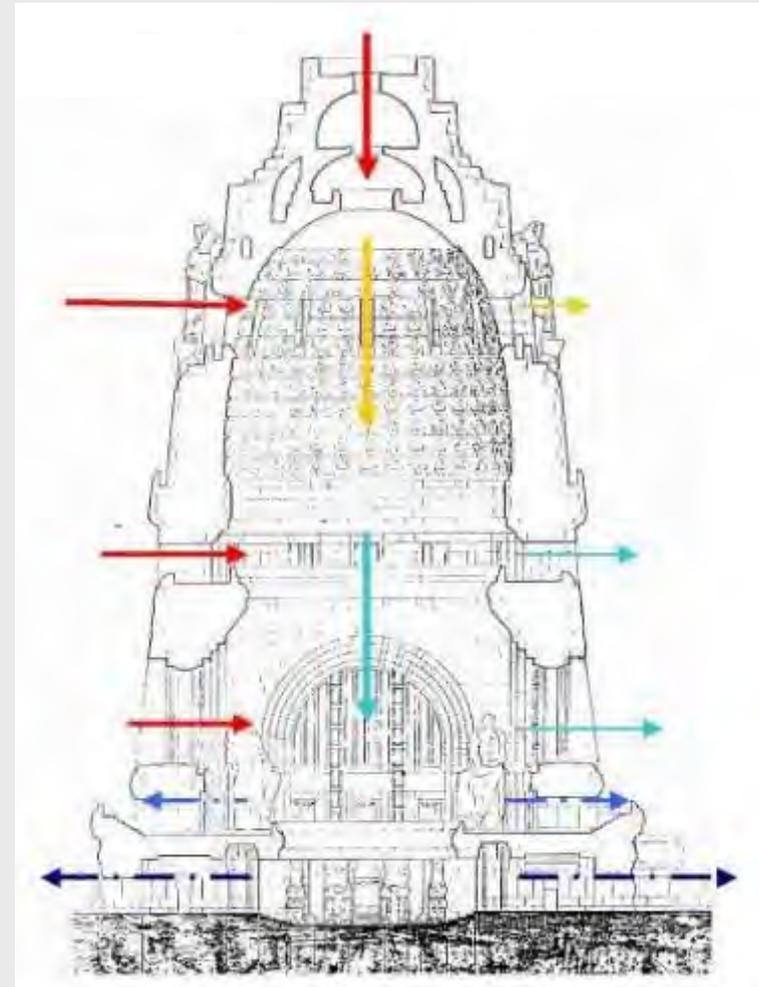
Flächen und Massen 4. und 5. Bauabschnitt

- Mobilisierung	3600 m ²
- Kompressen	2100 m ²
bei 100 mg / 100 cm ²	21 kg
bei 500 mg / 100 cm ²	105 kg
- Festigung	80 m
- Risse schließen	710 m
- Tiefengrundierung / Hydrophobierung	1800 m ²
- Siliconharzanstrich	1800 m ²

Klimastabilisierung durch sensorgesteuerte Temperierung



Klimasimulation mit Berechnung des
Tauwasserausfalls
Reiterrelief 320 h . Ruhmeshalle 590 h



Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Experimentelle Strömungsuntersuchung



Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Experimentelle Strömungsuntersuchung



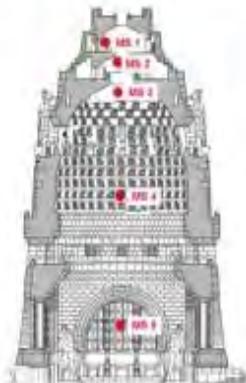
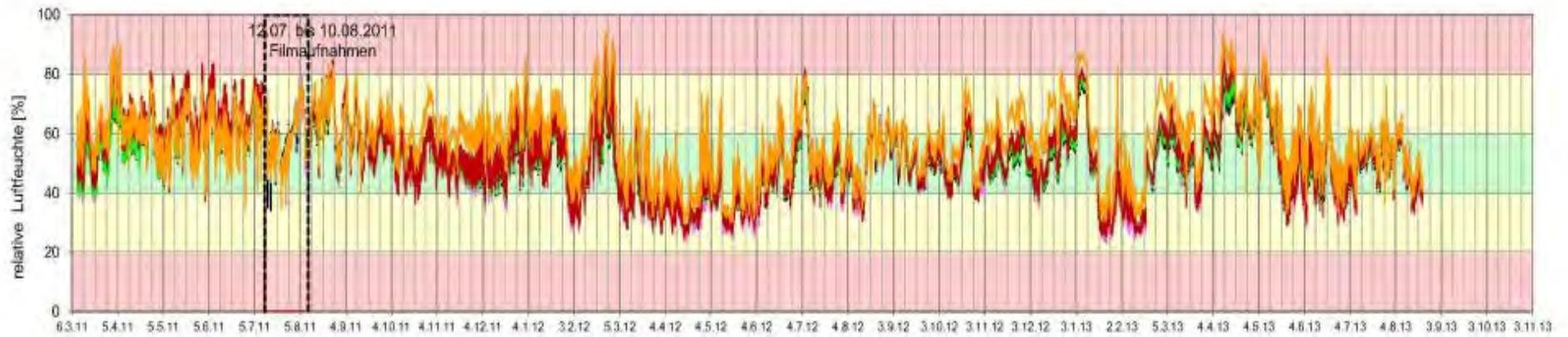
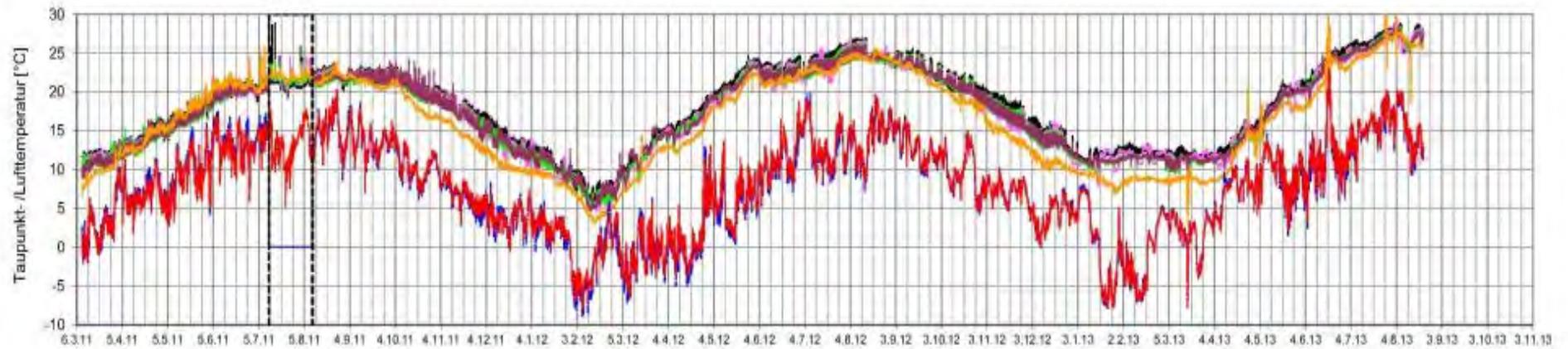
Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Experimentelle Strömungsuntersuchung



Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Klimamessung - innen
Zeitraum: ab März 2011



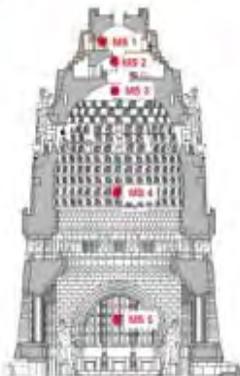
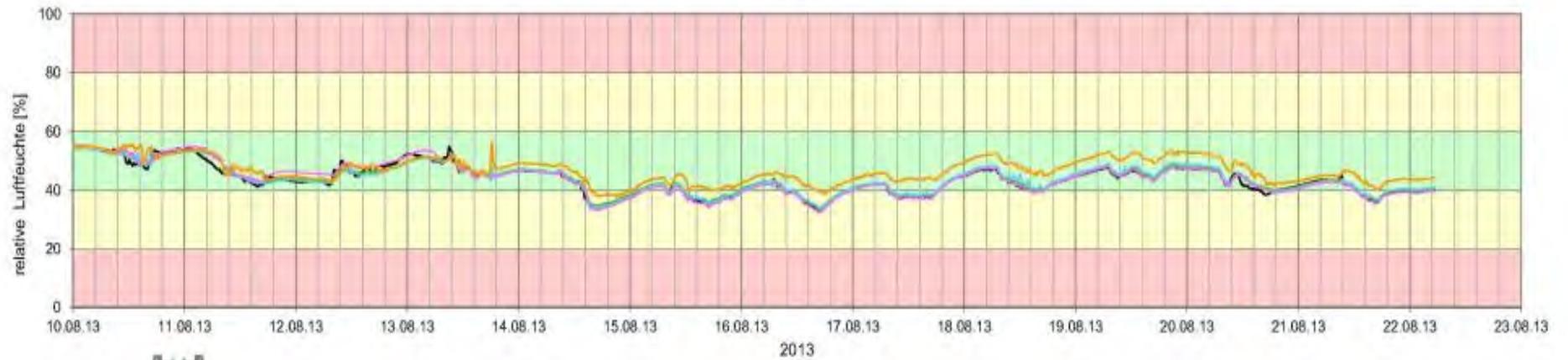
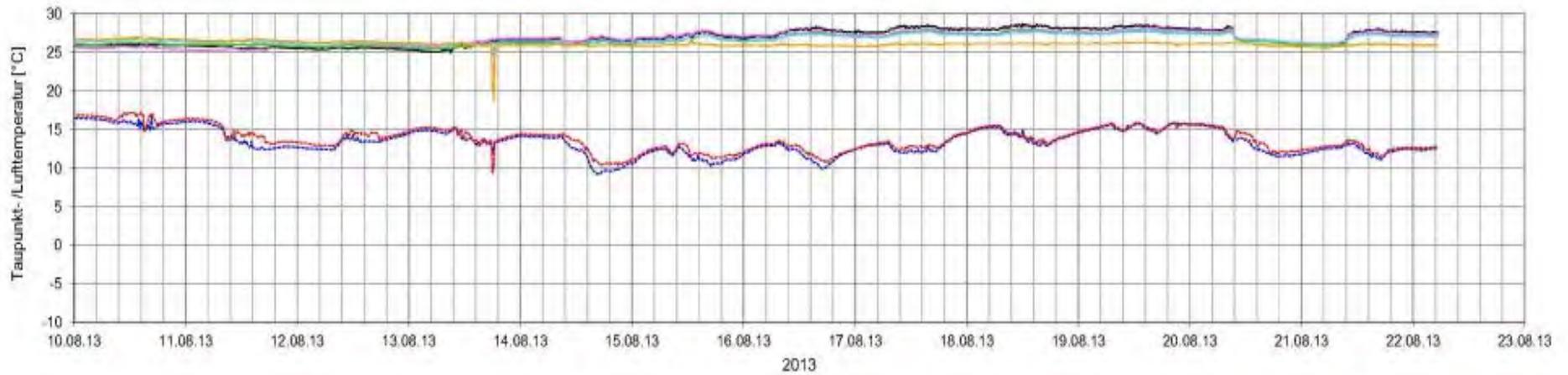
- MS 1
- MS 2
- MS 3
- MS 4
- MS 5
- Taupunkt MS 4
- Taupunkt MS 5

Legende

- Optimaler Bereich
- tolerierbarer Bereich
- Substanz gefährdet

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH

Klimamessung - innen
Zeitraum: Letzte zwei Wochen 2013



- MS 1
- MS 2
- MS 3
- MS 4
- MS 5
- Taupunkt MS 4
- Taupunkt MS 5

Legende

- Optimaler Bereich
- tolerierbarer Bereich
- Substanz gefährdet

Quelle: Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH







Völkerschlachtdenkmal Leipzig



Die Restaurierung des Reiterreliefs

Dipl.-Ing. Stefan Weise

Bereichsleiter Bauwerksdiagnostik & Instandsetzungskonzepte

Heidelmann & Klingebiel Planungsgesellschaft mbH . Dresden