



Diana Holzwarth  
diana.holzwarth@icp-ing.de  
www.icp-ing.de

## Bauen im Bestand – Einblicke in ein interdisziplinäres Arbeitsfeld aus Sicht der Voruntersuchung, Planung und Bauüberwachung

Since 1991

Engineering for a Better Tomorrow

16. Bauen im Bestand – ein  
interdisziplinäres Arbeitsfeld


17. April 2024

## Beruflicher Überblick

- Studium: TU Karlsruhe und Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
  - Institut für Steinkonservierung e. V.
  - EGID Université Bordeaux III
  - Freiberuflich tätig / Elternzeit
  - Asendorf Bauchemie Consult GmbH
  - KuA Ingenieurgesellschaft mbH
  - ICP Rhein-Main GmbH
- Dozentin UAS Frankfurt am Main  
Fb1 - Zukunftssicheres Bauen

**Dr. rer. nat. Diana Holzwarth**  
**Geschäftsführerin**

Sachkundige Planerin für die Instandsetzung von Betonbauteilen Urk. Nr. K-000089/19  
Bauen im Bestand, Instandsetzung von Naturstein, Mauerwerk, Beton  
**ICP Rhein-Main GmbH**

 Berner Str. 34b, 60437 Frankfurt am Main  
Deutschland

 [diana.holzwarth@icp-ing.de](mailto:diana.holzwarth@icp-ing.de)

## Bauen im Bestand

- Historisch / Altbau / Denkmalschutz
- Infrastruktur und Industriebau
- Parkhäuser und Tiefgaragen
- Umnutzung
- Rückbau

## Materialien

- Holz
- Lehm
- Naturstein
- Ziegel- Klinker Mauersteine
- Stahl
- Beton

**Für alle Gebäude, Bauteile und Materialien gilt**

Je besser die Grundlagenermittlung umso einfacher die Planung und Bauausführung.

Da Bauen im Bestand meistens Überraschungen birgt hilft eine gründliche Untersuchung diese zumindest zu minimieren.

## Ziel der Maßnahme definieren:

Erhalt der Originalsubstanz durch z.B.

Schutz und Abdichtung  
Ertüchtigung  
Entsalzung

Instandsetzung

Wiederherstellung und Ertüchtigung  
Verbesserung  
Nachbildung

Die Untersuchungsmethoden und das Team sind dem Baustoff und dem Instandsetzungsziel anzupassen.

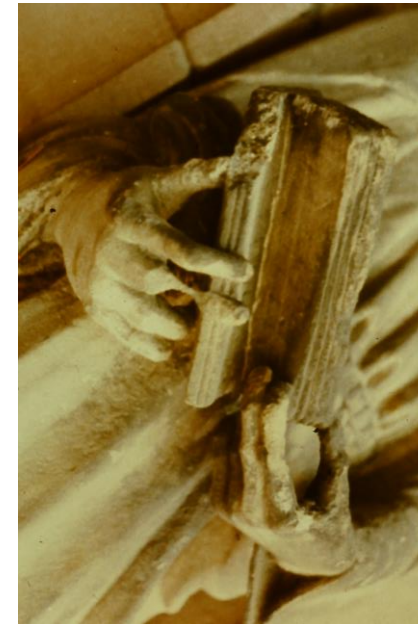
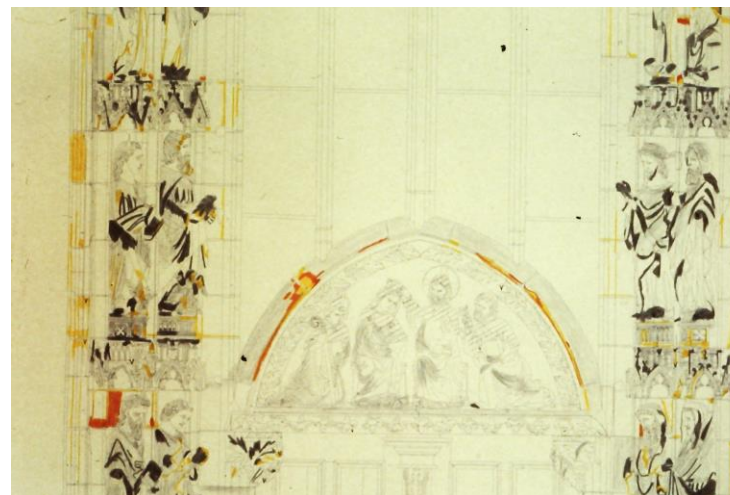
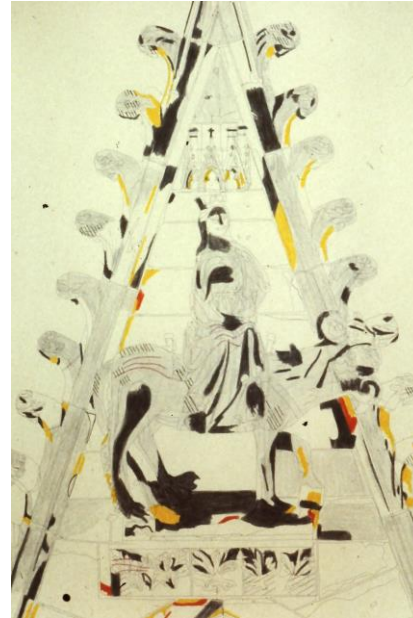
- Schadstoffanalytik, Radar, Mikroskopie, Labore und Prüfanstalten etc.
- Fachplaner, Kunsthistoriker, Denkmalschutzbehörde, Restauratoren, Statiker etc.



## Erhalt der Originalsubstanz - Schadenskartierung / Dokumentation

**LEGENDE DER TYPEN 1-18**

-  unverwittert oder unverändert; kein erkennbarer Schaden, steinnetzähnliche Oberfläche vorhanden
-  8744 Absanden; Materialverlust in einzelnen Körnern
-  8754 Schuppenbildung; Materialverlust in dünnen, flächig zusammenhängenden Kornaggregaten.
-  8748 Schalenbildung; festes, zusammenhängendes, flächiges Stück, das sich komplett ablöst.
-  8757 Abbröckeln; Materialverlust in einzelnen Brocken, ohne daß eine Schale sichtbar ist.
-  8727 Aufblättern; schichtparalleles Ablösen von flächigen Körpern.
-  8791 Verschmutzung; auf der Steinoberfläche anhaftende Fremdpartikel, z.T. locker anhaftend, mechanische Ablagerung.
-  8791 feste, verdichtete Oberfläche; fest haftender Belag Sinne einer "Patina"
-  8749 Kruste; chemisch und mechanisch entstandene, auf der Steinoberfläche anhaftende Schicht, fest haftend oder sich ablösend.
-  8743 Alveolarverwitterung, Wabenstruktur, Reliefbildung.-
-  Biogener Aufwuchs; sichtbare biologische Besiedlung durch Algen, Flechten, Moose, Farne etc.
-  Reliefbildung, an der z.T. kein Materialverlust zu erkennen ist.
-  Ausbruch, Fehlstellen; mechanische Schäden, nicht verwitterungsbedingt.
-  Risse, statische Risse, Fehlstellen in Stein, verwitterungsbedingte Risse, Fehlstellen in Stein.
-  Verfärbung; Bleichung oder andere sichtbare chemische Veränderungen in Stein.
-  Salzkrusten oder Salzausblühungen; rein chemisch entstandener, weißer Belag auf der Oberfläche oder unter Schuppen oder Schalen.



© Holzwarth



## Erhalt der Originalsubstanz – Materialherkunft und Materialkennwerte

### Herkunft der Materialien und Eigenschaften

**ANLAGE III**  
**LEGENDE DER STEINVARIETÄTEN "WEIß" 1-3 UND "ROT" 1-4**

**"WEIß" VARIETÄTEN**

-  8744 Varietät 1.1
-  8744 Varietät 1.2
-  8754 Varietät 1.3
-  8754 Varietät 1.4
-  8745 Varietät 1.5
-  8745 Varietät 1.6
-  8739 Varietät 2
-  8791 Varietät 3

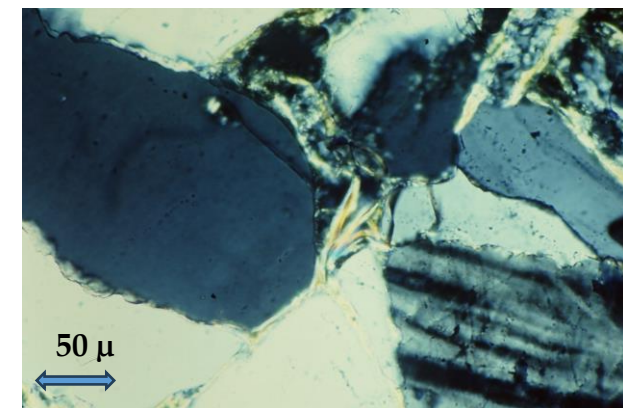
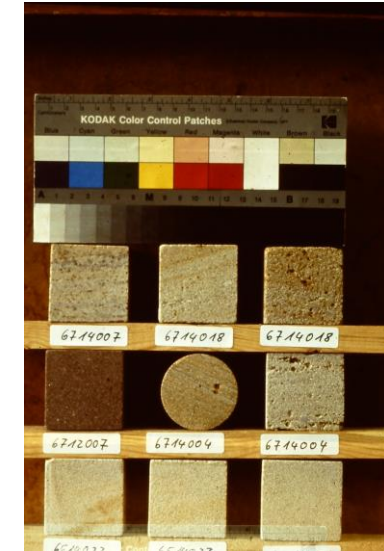
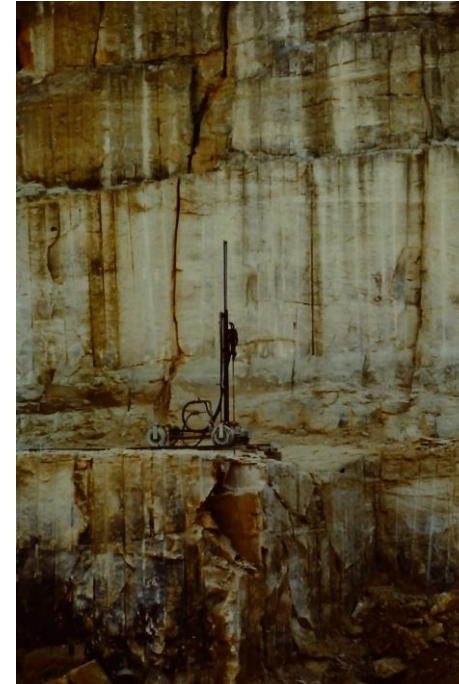
**"ROTE" VARIETÄTEN**

-  8727 Varietät 1.1
-  8727 Varietät 1.2
-  8727 Varietät 1.3
-  8756 Varietät 2
-  8738 Varietät 3
-  8748 Varietät 4





© Holzwarth



## Erhalt der Originalsubstanz – Materialherkunft und Materialkennwerte

### Kennwerte

- Gesteinsart, -typen, -herkunft
- Bindungsarten
- Wasseraufnahme w-Wert, WaN, WaV  
Porosität, Dichte, Sättigungsbeiwert
- Permeabilität, Durchlässigkeitsbeiwert
- Mörtelzusammensetzung (+ Werte s. Gestein)
- Farbfassungen (Polychromie)
- Recherchen zu Bau und Umbau
- u.v.m

### Beteiligte

- Eigentümer
- Denkmalbehörde
- Wissenschaftler für  
Schadensanalytik  
Naturstein  
Mörtel  
Festigungsverfahren
- Kunsthistoriker
- Restauratoren  
Naturstein  
Festigungsverfahren  
Farbfassungen



## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

### Ersatz oder zusätzliche Bewehrung

- Bestimmung der Materialien  
Sandstein mit angesetztem bewehrtem Mörtel
- Überprüfung der Schädigung
- Entfernen lockerer Teile
- Entrostet bzw. Entfernen der Bewehrung
- Schlitze ziehen, Abstand nach Vorgabe des Statikers
- Einlegen und verkleben neuer Bewehrung
- Mineralischer Verschluss
- Teilweise Vierungen anbringen
- Instandsetzung Dach und Wasserführung

**Ziel**            Verkehrssicherheit  
                         Dauerhaftigkeit  
                         Erscheinungsbild



### Beteiligte

Eigentümer/ Betreiber  
Denkmalschutzbehörde  
Fachplaner Naturstein  
SkP Betoninstandsetzung  
Statiker  
Architekt  
Steinmetz und Betonbauer  
Dachdecker



Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

28 Stützen unter extremer Belastung,  
keine statische Reserve

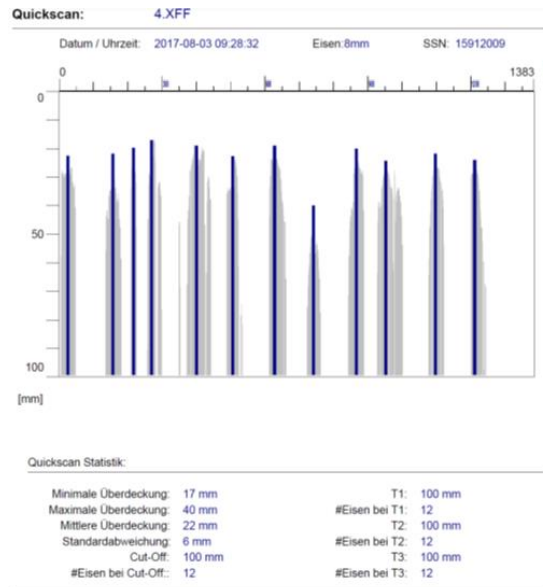
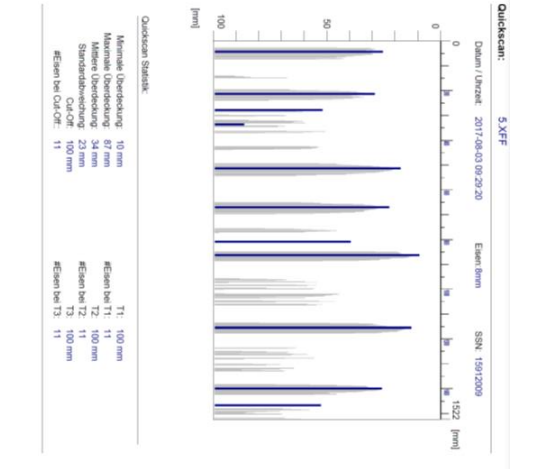


Ø 45 cm

© Holzwarth

Betongüte C50/60

Hilti Ferroskan Holzwarth/Prager



Abstand Stabbewehrung 20 cm (Ø 22mm)



Betondeckung 0 – 25 mm

Abstand Wendelbewehrung 5-5,5 cm (Ø 12mm)



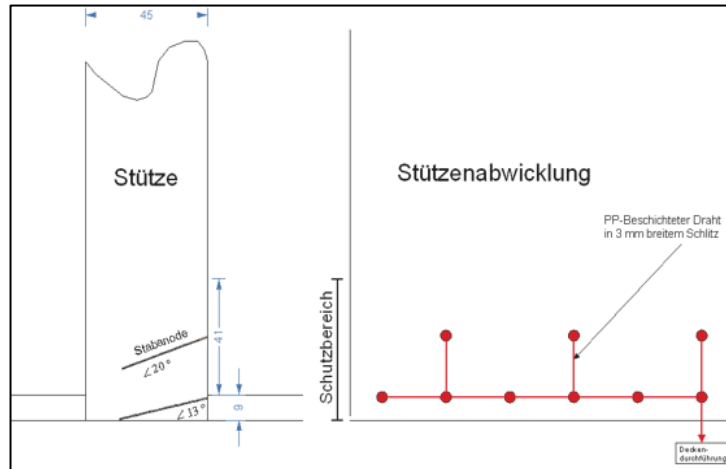
Hochauflösende  
Radaruntersuchung  
IGP (G. Patitz)

Betondeckung 30 – 84 mm

Bestandspläne nur teilweise verifiziert

Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

# Kathodischer Korrosionsschutz



KKS  
Stabanoden

mehrere  
Bohrungen

KKS Band-  
bzw. Netzanode

mehrere  
Bohrungen

© KKS Planung Pruckner

# Elektrochemische Entsalzung

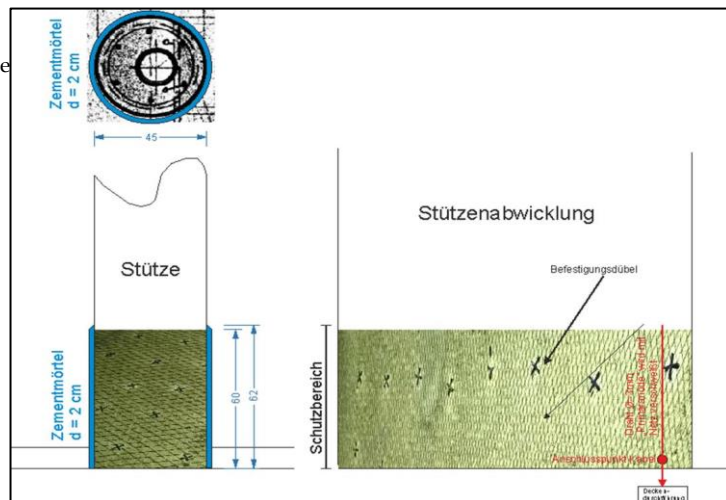


nur eine  
Anschlussstelle  
Bauteilöffnung



© KKS Ausführung Instakorr GmbH

© Kisse





## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

### Erfolg der Entsalzung (3 Zyklen)

Chlorid Konzentration auf Bewehrungsniveau

Ø 0,8	→	0,2 [M.-%]
max. 1,4	→	0,4 [M.-%]

**Weitere Ziele** Erhöhung Dauerhaftigkeit  
Schutz vor Carbonatisierung

Transparentes Oberflächenschutzsystem  
OS2 zweifach aufgetragen (ergibt nach den  
Ergebnissen der Bachelorarbeit von J. Ott  
annähernd eine OS4 Wirkung).

Zusätzliches **Monitoring** ist dennoch notwendig,  
da die Vorgehensweise außerhalb der Richtlinien  
und Normen der Betoninstandsetzung liegt.

### Beteiligte

- Staatliches Hochbauamt
- Denkmalbehörde
- Projektsteuernder Architekt
- Statiker
- SkP Betoninstandsetzung
- Materialtechnische Untersuchungen (Spezialisten und Materialprüfanstalt)
- Vergabe einer Bachelorarbeit zur Wiederherstellung von Waschbeton
- Fachplaner KKS
- Schadstoffgutachter (Genehmigung Verfahren und Materialien)
- Fachbetrieb für die Durchführung von KKS und Elektrochemischer Entsalzung
- Fachbetrieb für Betoninstandsetzung



## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

### Schäden und Grundlagenermittlung

#### Mauerwerk

- ist einschalig oder mehrschalig mit unregelmäßigen oder geregelten „Stoß- und Lagerfugen“.
- Unterschiede bewirken angepasste Abdichtungsverfahren.
- Bestandsuntersuchung entsprechend aufwendig



© Holzwarth

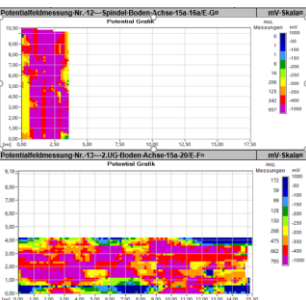
- Betrachtung des Umfelds
- Freilegen von Putz zur Beurteilung des Aufbaus und der Fugensituation
- Bohrkerne zur Feststellung von Dicke und Aufbau etc.

#### Betonbauteile

sind ebenfalls vielfältig und sind daher ebenfalls unterschiedlich zu betrachten.

Es gelten einige der oben genannten Kriterien

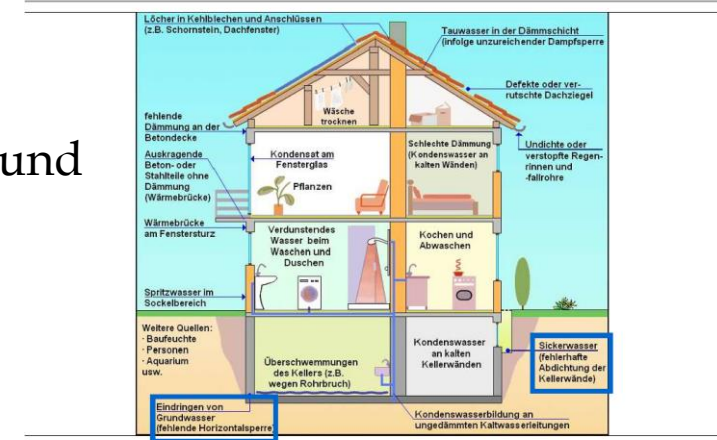
Hinzu kommen u. a. die Vorgaben aus der TR Instandhaltung (Mai 2020)



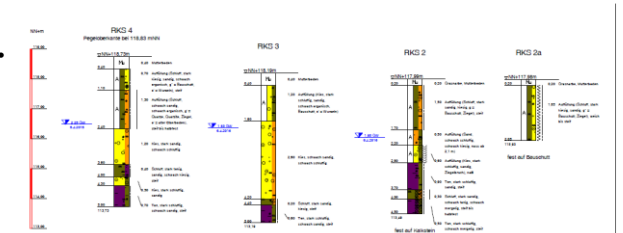
© Holzwarth

- Expositionsclassen
- Betongüte
- Feststellung der Altbetonklassen
- Betondeckung
- Korrosionsart und -grad der Bewehrung

„Wasser“: Grundwasser



Prof. Klaus Köehler TransForm, Institut für Altbauerneuerung an der HTWSaar



#### Rammsondierung, Grundwassermessung

© Westhaus

<b>Baugrundinstitut</b> Dr.-Ing. Westhaus GmbH Am der Mühle 12 55252 Mainz-Aachen Tel: 09354 140-100 Fax: 09354 140-454	<b>Bauherr:</b> Bauherr: ... Zur Orientierung: ... Planbezeichnung: Bemerkung:	<b>Projekt:</b> 2.1 <b>Datum:</b> 4.2.2018 <b>Verdicht:</b> 1.00 <b>Skizzen:</b> Dr.-Ing. T. ...
--	--	---

## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

Feuchtemessung mit Mikrowellentechnik  
Micromoist (Holzwarth/Prager)

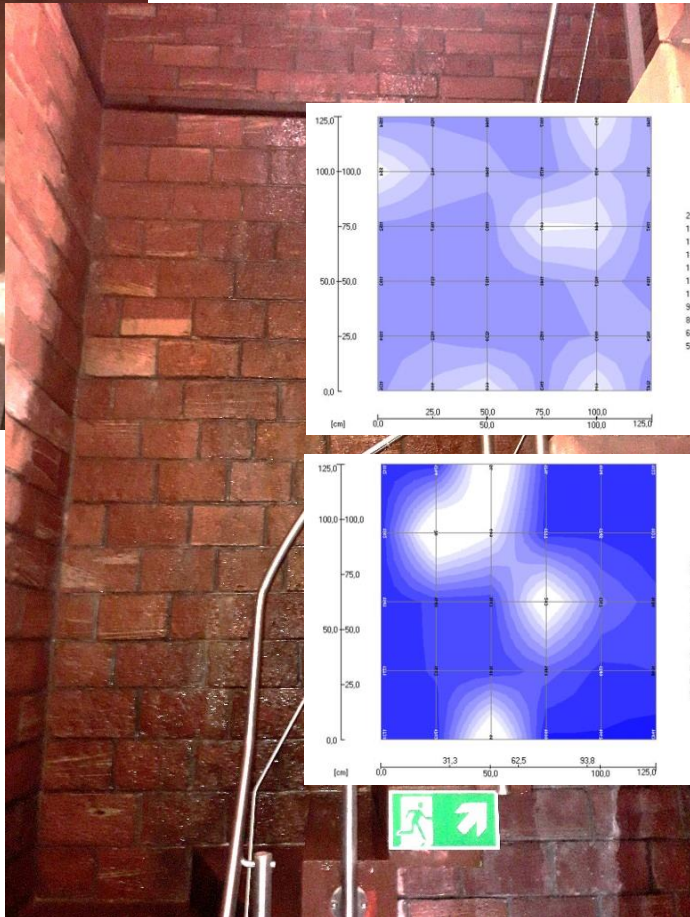
Ergebnisse aus Schurf und Bodengutachten lassen Außenabdichtung nur bis max. 2,50 m Tiefe zu.

Daher Entscheidung für eine Schleierinjektion



Tiefe unter  
GK = 6 m

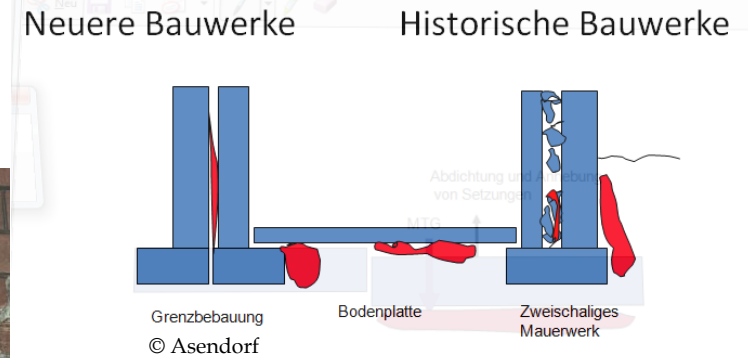
© Kisse



Bauteiltiefe

9-11 cm

11-30 cm



© Holzwarth

16. Bauen im Bestand



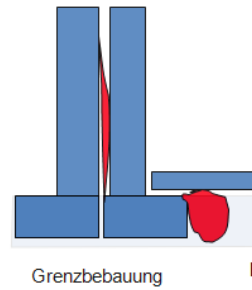
## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

### Betonanbau direkt an Altbau mit Natursteinsockel

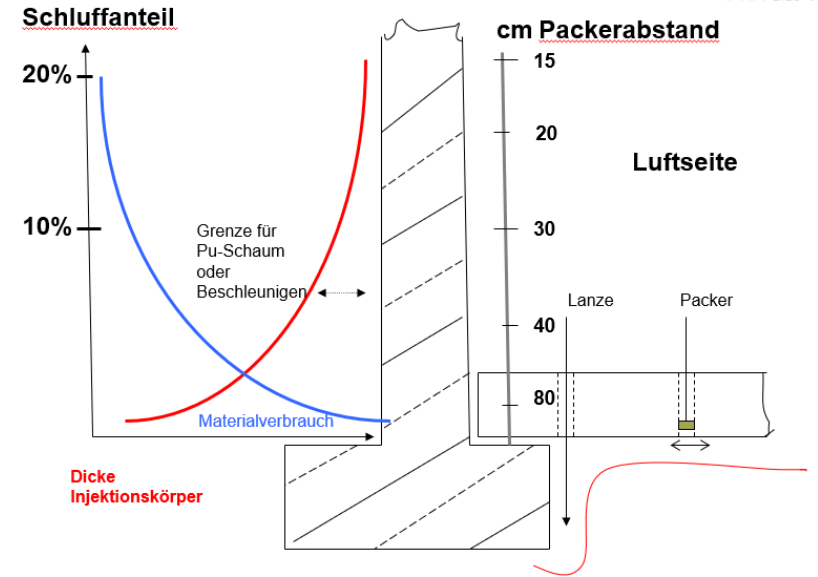
#### Schleierinjektion



### Neuere Bauwerke



© Asendorf



© Holzwarth



## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

Flankierende Maßnahmen:  
Weiße Wanne im Übergang Alt-/Neubau/



© Holzwarth

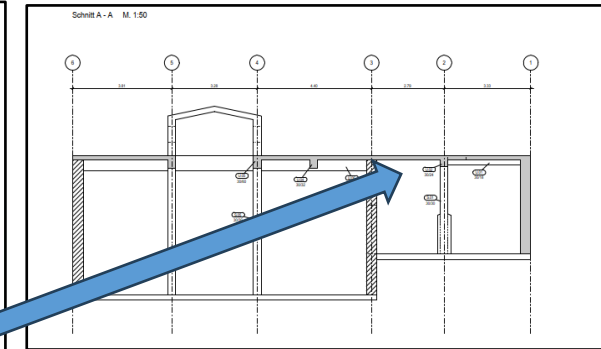
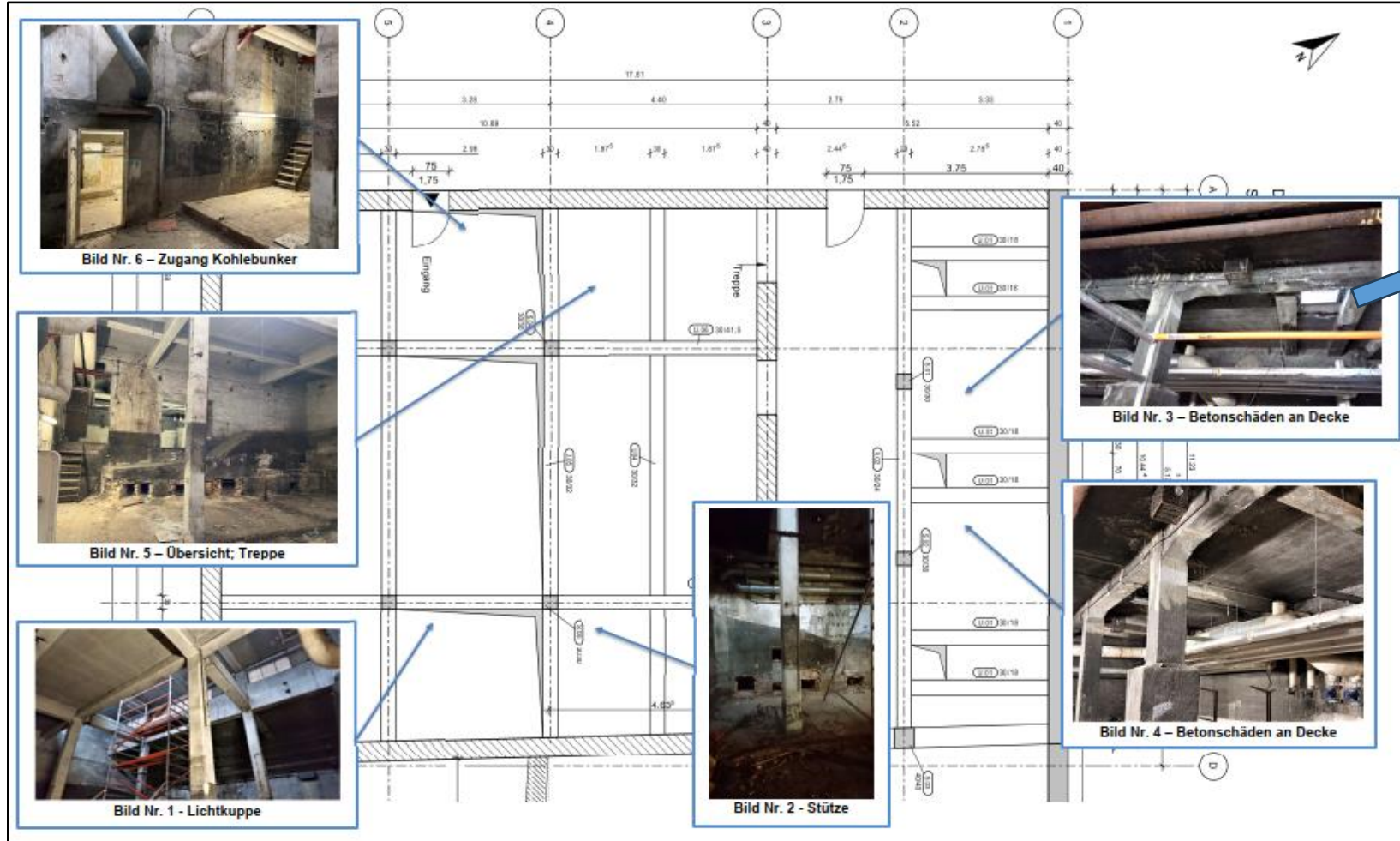


© Holzwarth

Außenbereich Fugen- / Außenabdichtung

## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

Denkmalgerechte Abdichten und Instandsetzung, Heizzentrale 3, Heimatsiedlung Frankfurt a. M., 1927-34 „Neues Frankfurt“



**Ziele :**

**Aufmaß und Planerstellung  
Betoninstandsetzung**

Korrosion durch schlechte Betongüte  
Altbetonklasse 1-2, Carbonatisierung,  
geringe Betondeckung, Rauchgase,  
Risse

**Wiederherstellung der Abdichtung**

Unklar, ob Platten Originalbestand  
Wiederverwendung des alten  
Plattenbelags bei PAK Belastung wurde  
ausgeschlossen



## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung

Vorausgehende Ertüchtigung der Bausubstanz durch angepasste Betoninstandsetzung

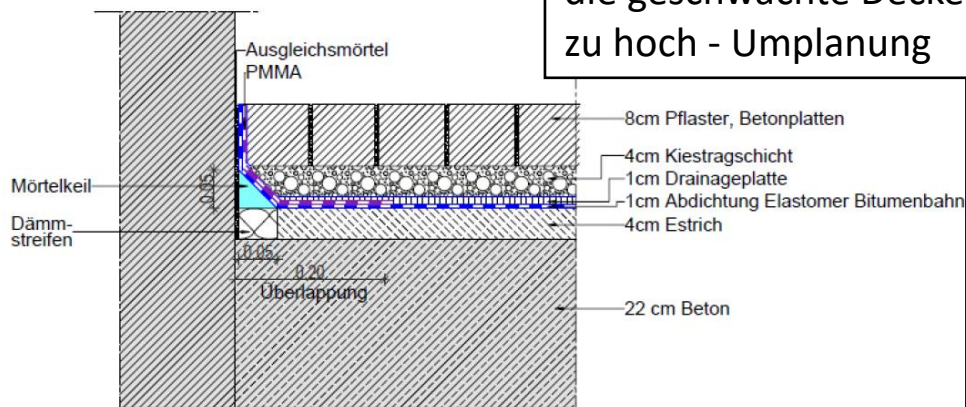


Summe PAK = 47.600 mg/kg  
Grenzwert  $\geq 400$  mg/kg

Benzo(a)pyren = 1.900 mg/kg  
Grenzwert  $\geq 50$  mg/kg



Detail  
Abdichtung der Decke des Kohlebunkers  
M: 1/5



Geplanter Aufbau war für die geschwächte Decke zu hoch - Umplanung

© Holzwarth



## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung



Tiefgarage einer WEG mit **bauzeitlich bedingten Schäden**  
**Klassische Betonuntersuchung und Instandsetzungsplanung:**  
 Betongüte, Oberflächenzug, Betondeckung, Chloride,  
 Carbonatisierung.  
**Ziel:** Instandsetzung, Abdichtung, Beschichtung bei geringer  
 Betondeckung.

Einbeziehung eines **Statikers** wegen fehlender Planunterlagen  
 und der korrodierten Erdbebenbänder.

Nr.	Bauteil	Cl-Gehalte bez. auf Zementgewicht		
		Cl-Gehalt [M.-%]	Cl-Gehalt [M.-%]	Cl-Gehalt [M.-%]
		Bohrtiefe 0 – 20 mm	Bohrtiefe 20 – 40 mm	Bohrtiefe 40 – 60 mm
1	Stütze	0,37	0,09	0,08
2	Bodenplatte	0,94	1,03	0,65
3	Bodenplatte	0,18	0,08	0,08

Chloridkonzentration in M.-% bez. auf die Zementmasse: 0,5 bis 0,99 M.-% ab 1,00 M.-%

## Erhalt durch Ertüchtigung, Entsalzung und Abdichtung



Erscheinungsbild nach Betoninstandsetzung und Abdichtung mit einem OS10

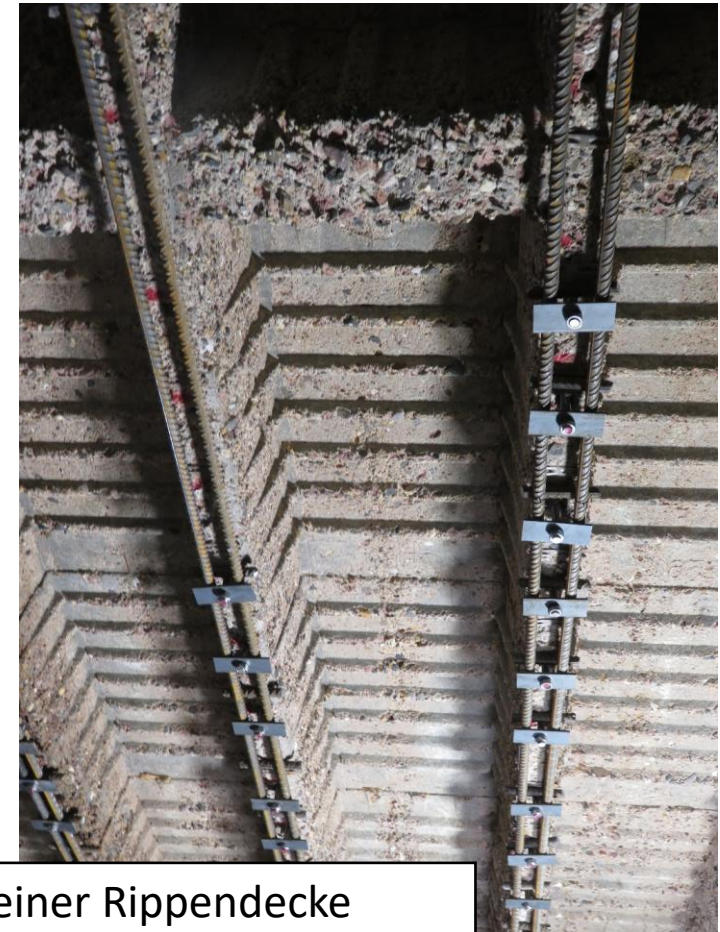
© Holzwarth



Abdichtung der Kellerräume im Anschluss an die Rampe steht noch aus.  
Die Ursache (Wasserzufluss) ist bisher unklar



## Wiederherstellung / Modernisierung

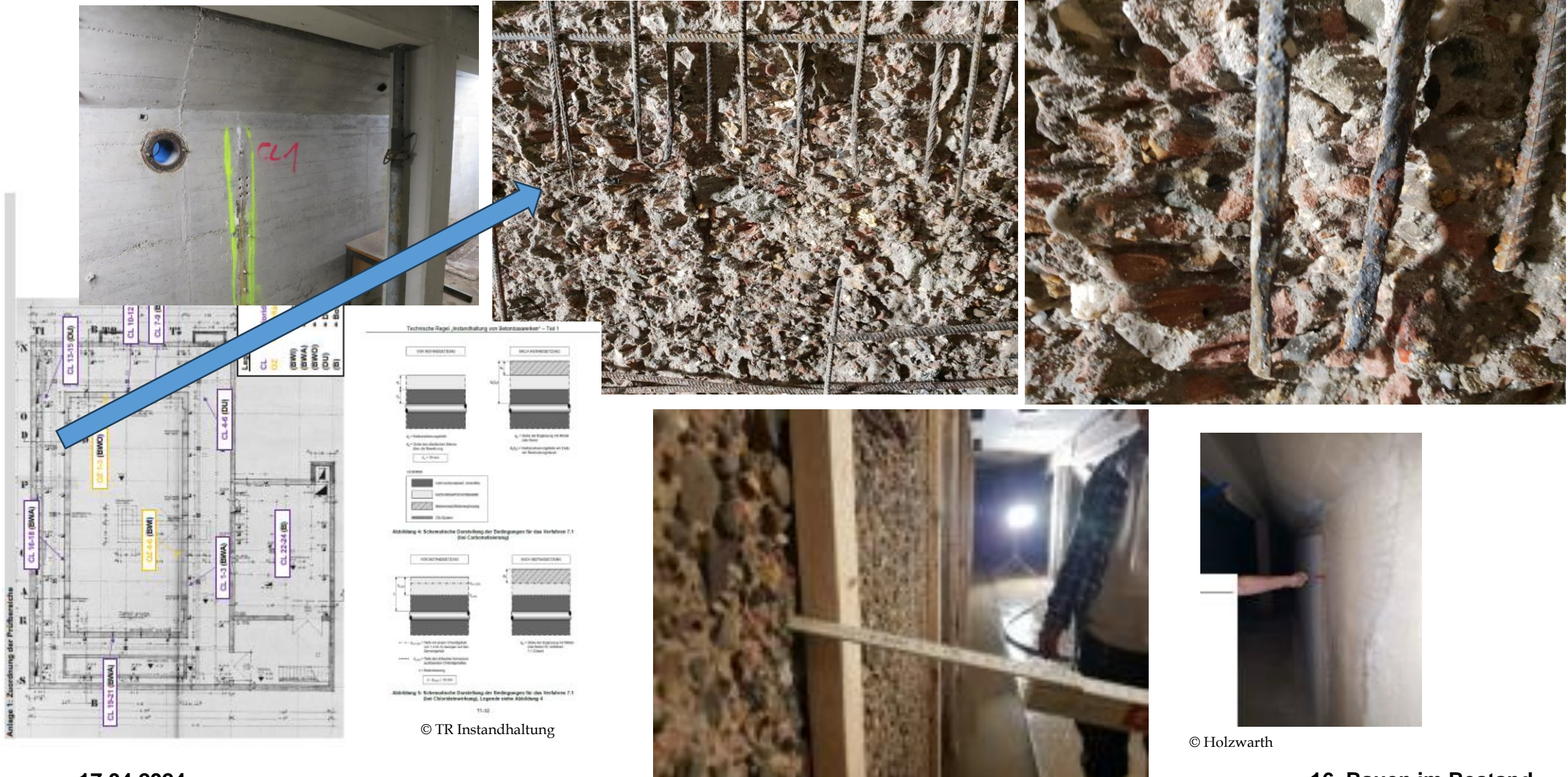


© Holzwarth

Ertüchtigung einer Rippendecke  
zur Aufnahme einer Dachbegrünung.  
SKP-Betoninstandsetzung, Statiker



## Wiederherstellung / Modernisierung - Betondeckungserhöhung



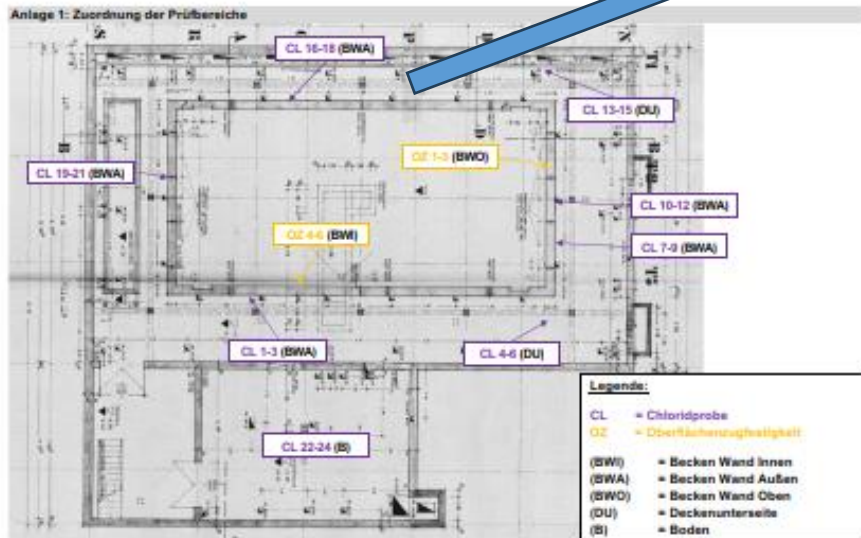
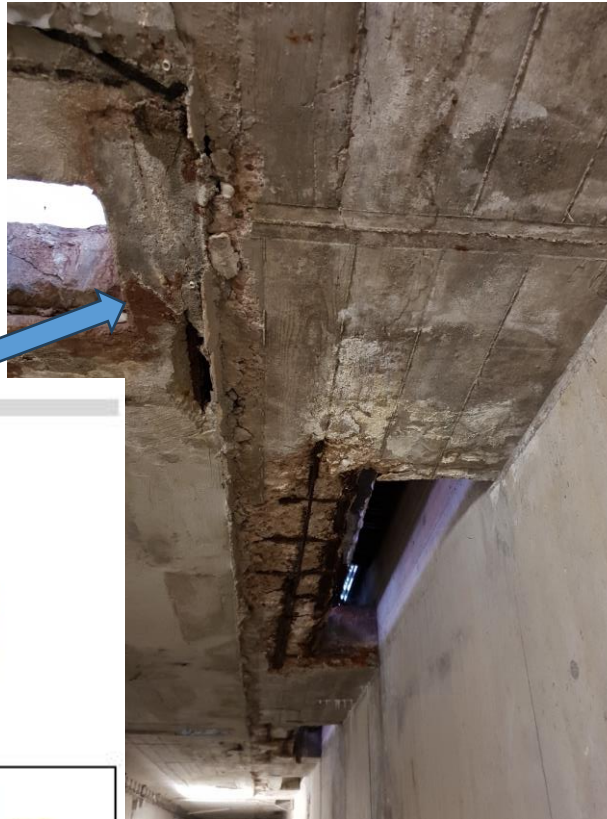
17.04.2024

16. Bauen im Bestand



## Wiederherstellung / Modernisierung - Teilweiser Rückbau und Neuaufbau (mit Vorgaben Ing. Schwimmbadtechnik)

Kalksandstein vor der Lüftungsschacht sollte nicht entfernt werden. Cl Analyse der Decke führte dann doch zu Rückbau und zu Ersatz eines Bereichs der Decke.

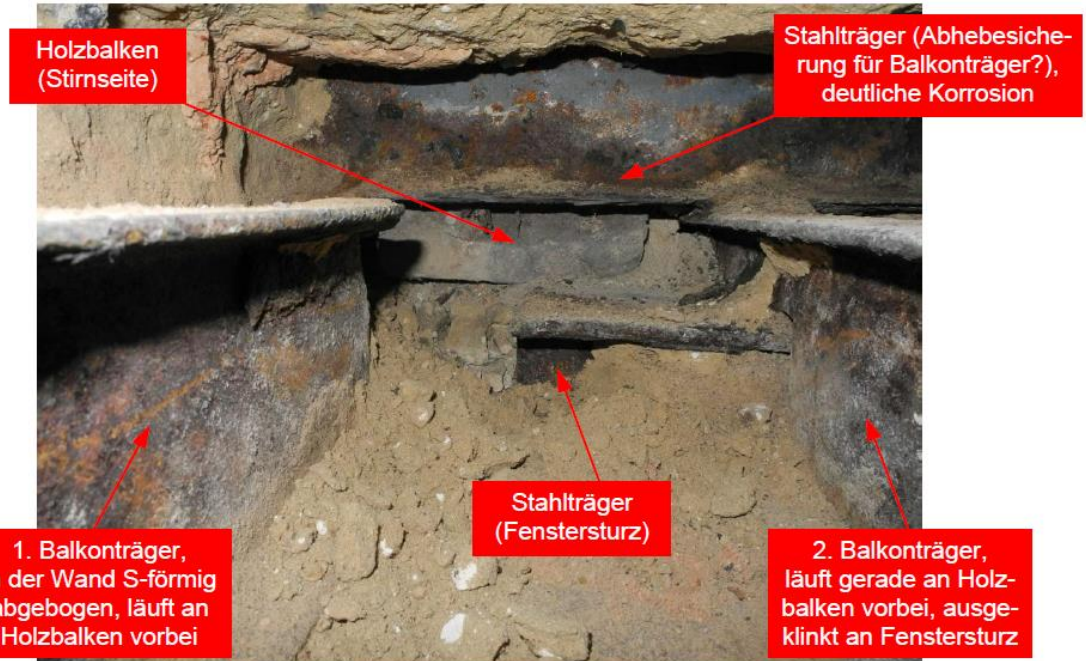




## Wiederherstellung / Nachbildung



© Holzwarth



Goebenstraße 5: Balkon 1. OG, links  
12.10.2012 R. Zeitler

Die Untersuchung der Tragkonstruktion erfolgt schrittweise, soweit möglich zerstörungsfrei oder über Sondieröffnungen. Bestätigt sich der Verdacht der starken Korrosion ist ein totaler Rückbau nicht zu vermeiden.



## Wiederherstellung / Nachbildung

### Vorsichtiger Rückbau zur Gewinnung von Vorlagen für die Neuanfertigungen



© Holzwarth



Prüfung auf Wiederverwendung



Konsole Gewicht 120 kg

### Erfassung des Gewichtes der Aufbauten und Konsolen

## Wiederherstellung / Nachbildung

# Statische Berechnungen und Vorgaben



120 kg



### f) Lastannahmen (neu)

- Nutzlast auf Balkonen:  $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$  (400 kg/m<sup>2</sup>)
- Eckpfosten (massiv):  $G_k = 4,0 \text{ kN}$  (400 kg)
- Geländer (massiv):  $g_k = 2,8 \text{ kN/m}$  (280 kg/m)
- Geländer (Metall):  $g_k = 0,5 \text{ kN/m}$  (50 kg/m)
- Konsolen (abgehängt):  $G_k = 0,25 \text{ kN}$  (25 kg)

© Zeitler

25 kg

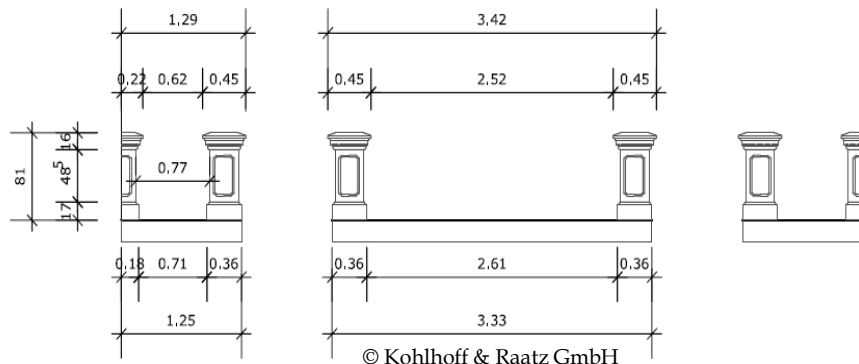




## Wiederherstellung / Nachbildung



© Holzwarth



Auflagerung des Profils (2) in MW-Wand:

Klinker - MW ————— Bruchstein - MW

Stiife  $t = 5\text{mm}$   
(analog ①)

② HE-A 100

Vergießen mit  
schrumpffreiem  
Vergussbeton

Stahlaufleger  
(Bestand)

Hinweise:

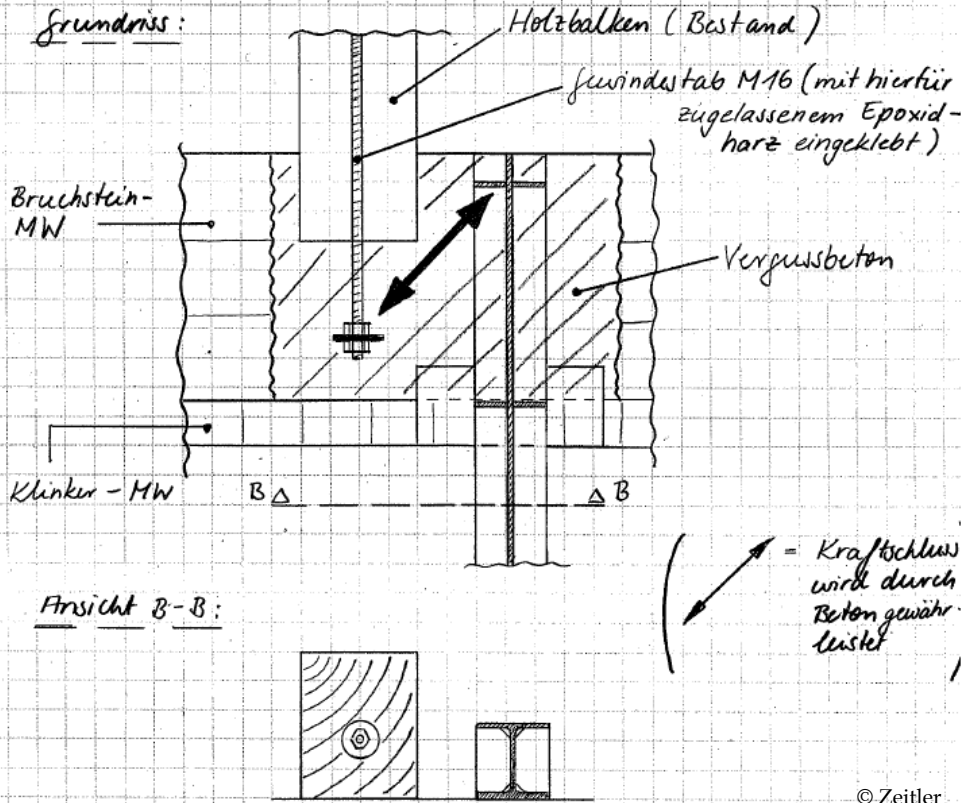
- Das Profil ( HE-A 100 ) soll etwa bis  $\frac{2}{3}$  der Wanddicke reichen.
- Horizontale Anbindung (konstruktiv) am Bestand erforderlich, s. S. 11.

© Zeitler

- Stabilisierung des Mauerwerks
- Einbindung der Tragkonstruktion für die Kragplatten
- Werkplanung der Verzapfung der Aufbauten

## Wiederherstellung / Nachbildung

Anschluss (konstruktiv) an den Bestand: (Vorschlag)



© Holzwarth

## Anschluss, Verankerung der Stahlprofile über Gewindestangen in den Balkenköpfen



## Fazit

Bauen im Bestand gelingt am besten  
in einem auf das Projekt abgestimmten Team.

Interdisziplinär von Beginn an.

Bauherren, Behörden, Architekten,  
Fachingenieure, Wissenschaftler,  
Restauratoren, Fachfirmen u. V. m.

Ansonsten fühlt man sich zuweilen  
alleine 😊.



© Desoi GmbH

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!



Diana Holzwarth

[diana.holzwarth@icp-ing.de](mailto:diana.holzwarth@icp-ing.de)

[www.icp-ing.de](http://www.icp-ing.de)

**Bauen im Bestand – Einblicke in ein interdisziplinäres Arbeitsfeld  
aus Sicht der Voruntersuchung, Planung und Bauüberwachung**

Since 1991

Engineering for a Better Tomorrow

16. Bauen im Bestand – ein  
interdisziplinäres Arbeitsfeld

17. April 2024