

ABSCHLUSSBERICHT

Imhofstöckl - Salzburg



Ausführung
09.10.2018



Vorgehensweise

Die Uretex - Tiefeninjektionsmethode wurde mit dem europäischen Patent Nr. 0851064 vom Unternehmen Uretex SPA patentiert und besteht in der Tiefenverdichtung des Bodens mittels Injektion polyurethanischer Harze, die bei ihrer Expansion auf die umliegende Festmasse verdichtend wirken und somit deren Konsistenz erhöhen.

Die Arbeiten werden durch unser Fachpersonal, von einem speziell umgebauten und eingerichteten Lastkraftwagen aus durchgeführt.

Dieser Lastkraftwagen stellt gleichzeitig die Baustelleneinrichtung dar.

Die erforderlichen Injektionsbohrungen mit kleinem Durchmesser (26 mm) werden punktgenau unterhalb des Fundamentes bis zur erforderlichen Injektionstiefe abgeteuft.

Der Abstand der Injektionsbohrungen hängt von den Baugrundverhältnissen, den Fundamentabmessungen sowie den Bauwerkslasten ab und beträgt in der Regel zwischen 0,5 m und 1,5 m.

Der Abstand der Injektionsbohrungen hängt von den Baugrundverhältnissen, den Fundamentabmessungen sowie den Bauwerkslasten ab und beträgt in der Regel zwischen 0,5 m und 1,5 m.

Die Bohrung der Injektionslöcher erfolgt händisch mit Elektroböhrer mit Kettenvorschub und einer maximalen Schlagkraft von 12-14 Joule sowie einer Schlagfrequenz von 1200-2800 Schlägen/Min. Durch diese, bereits in der Praxis an bedeutenden Gebäuden getestete Bohrmethode, werden keine nennenswerten Schwingungen an die entsprechende Konstruktion abgegeben.

So erreicht man gezielt die zu behandelnden Stellen und die Wirkung der Injektionen entfaltet sich punktgenau.

In die Bohrlöcher werden Injektionsrohre eingeführt, durch die das Kunstharz injiziert wird. Das Verlegen der Injektionsleiter erfolgt nach Abschluss der Bohrung; daran anschließend beginnt man mit der Injektion an sich: mit einer Pistole, die an die Bohröffnung angesetzt wird, spritzt man in den verlegten Leiter die vorher in einer dafür vorgesehenen Mischkammer der Pistole präparierte Harzmischung.

Die Fachkräfte unterbrechen das Einspritzen der Harzmischung in den Boden, sobald ein überdurchschnittlicher Druckzuwachs verzeichnet wird, sobald die festgelegten Mengen an injiziertem Harz erreicht sind oder sobald sich der gewünschte Anhebungsgrad des Gebäudes einzustellen beginnt. Die Bohrlöchersequenz, durch welche die Einspritzung erfolgt, sowie die Ausführungs- und Kontrollschritte werden festgelegt und in Form eines Injektionsplanes auf Grundlage der zu erreichenden Ziele ausgearbeitet.

Die Injektionsstellen werden alternierend gesetzt, sodass die Dissipation des Druckes, der sich in Folge der Harzausdehnung im Boden einstellt, gefördert wird.

Die Arbeiten werden über die gesamte Dauer durch ein spezielles Lasergerät, mit welchem die Bewegungen der Konstruktion mit einer Genauigkeit von >0,1 mm festgestellt werden können, überwacht.

Eigenschaften von Uretak Geoplus

Das für die Verfestigung des Bodens vorgesehene Expansionsharz besitzt einige für das Gelingen der Maßnahme entscheidende Eigenschaften, wie die seitens der Universität in Padua ausgeführten Tests belegen. Im Folgenden werden die wichtigsten und interessantesten Eigenschaften des Harzes für die betreffenden Arbeitsschritte erläutert:

Ausdehnungsdruck

Der maximale Ausdehnungsdruck des Harzes unter ödometrischen Verhältnissen entspricht 10,2 MPa. Indem sich das Harz ausdehnt, erhöht es die Festigkeit des umgebenden Bodens, während sein eigener Ausdehnungsdruck aufgrund der verringerten Dichte sinkt. Die Ausdehnung dauert somit so lange an, bis sich zwischen dem Ausdehnungsdruck des Harzes und dem Widerstandsdruck des Bodens ein Gleichgewicht bildet. Das Verhältnis von Dichte und Ausdehnungsdruck des Harzes wird in der folgenden Abbildung wiedergegeben.

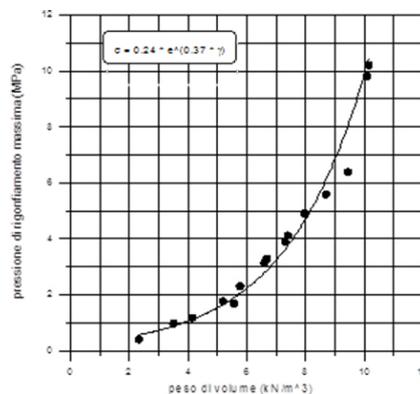


Abbildung 1

Maximaler Ausdehnungsdruck (MPa), Spezifisches Gewicht (kN/m³)

Durch die Analyse der Bodenproben und die Erhebungen vor Ort, kann die während des Injektionseingriffes auf den Untergrund wirkende Gesamtspannung ermittelt werden.

Reaktionszeit

Die Polymerisierung des Harzes erfolgt sekundenschnell. Dadurch rinnt das Material nicht in den Boden ab, sondern breitet sich maximal in einem Radius von einem Meter um den Injektionspunkt in die Hohlräume des umgebenden Bodens aus.



Abbildung 2

Allgemeine Bemerkungen

Die schlussendlich erzielte Bodenfestigkeit ergibt sich aus dem Gleichgewicht zwischen Ausdehnungsdruck und Gegendruck des Bodens. Je höher also der vom Boden gebotene Gegendruck, desto stärker die verfestigende Wirkung.

Aus theoretischer Sicht erklärt sich der durch das Harz erzielte Verfestigungsprozess entsprechend der Expansionstheorie eines sphärischen/zylindrischen Hohlraums nach Yu und Houlsby (1991).

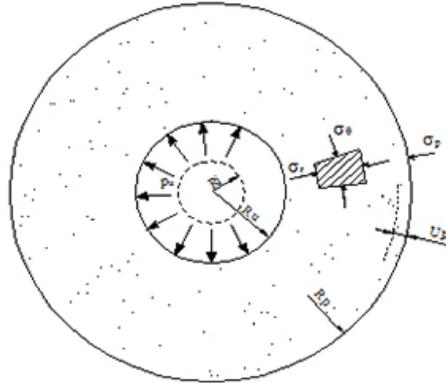


Abbildung 3

Elastizitätsmodul

Das Elastizitätsmodul des expandierten Harzes schwankt zwischen 10MPa und 80MPa je nach spezifischem Gewicht, das bei Abschluss der chemischen Reaktion erreicht wird.

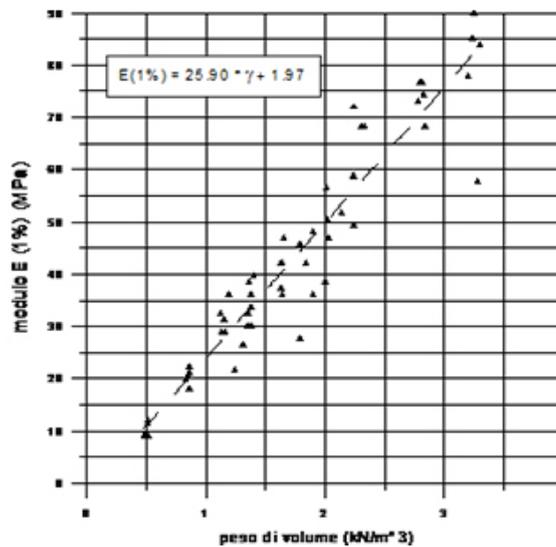


Abbildung 4

Elastizitätsmodul (MPa), Spezifisches Gewicht (kN/m^3)

Dank dieser Eigenschaft behält der behandelte Untergrund insgesamt eine Festigkeit, die mit der des natürlichen Bodenuntergrundes vergleichbar ist; abnormale Spannungsverteilungen werden so vermieden.

Umweltverträglichkeit

Das Expansionsharz Uretex Geoplus erfüllt sämtliche im Bereich der Umweltverschmutzung geltenden gesetzlichen Bestimmungen, was dementsprechend auch durch ein Umweltverträglichkeitszertifikat bescheinigt wird.

Injektionsraster

Zweifelsohne sind die Positionierung der Injektionspunkte sowie der Achsenabstand zwischen diesen von ausschlaggebender Bedeutung. Sofern es sich um den Untergrund von sehr steifen Konstruktionen handelt, sollte man bei der Verteilung der Injektionspunkte die Lastenverteilung berücksichtigen.

Dabei scheint es im Hinblick auf den Materialverbrauch durchaus vorteilhaft, die Injektionspunkte in jenen Bodenabschnitt zu setzen, auf den der Druck der darüber liegenden Strukturen am stärksten wirkt (Stilley, 1982).

Der Achsenabstand der Injektionspunkte beträgt 0,9 m.

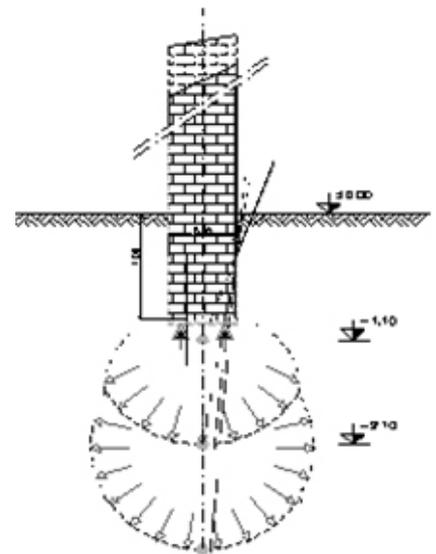


Abbildung 5

Behandeltes Bodenvolumen

Unter Berücksichtigung der geologischen Eigenschaften und der Spannungsverteilung im Bodenuntergrund nach Boussinesq (siehe Abbildung 6), die besagt, dass bei Streifenfundamenten in einer Tiefe von etwa der doppelten Breite der Fundamente selbst die Spannung weniger als 30% der an der Oberfläche herrschenden Spannungen beträgt, scheint eine Maßnahme zur Verfestigung von etwa 3 m von Fundament UK als ausreichend.

Die durch die Injektionen in den Bodenschichten erzielte Verdichtung bewirkt eine Zunahme des Elastizitätsmoduls Bodenuntergrund/Harz.

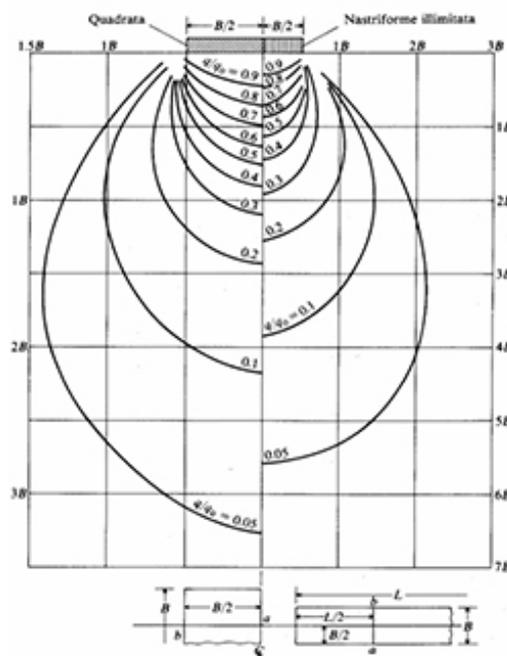


Abbildung 6

Spannungsverteilung im Bodenuntergrund nach Boussinesq

Zusammenfassung

Leistungszeitraum
Kunstharzverbrauch
Kollonnen

04.09.2018 - 20.09.2018
8.203 kg
von 1,0 m - 7,5 m

Schlussfolgerungen

Durch die Verdichtungs- und Verfestigungsmaßnahmen ist die Tragfähigkeit des Fundamentuntergrundes der im Betreff genannten Konstruktion erhöht worden.

Die errechnete Verbesserung ist vor Ort mittels Rammsondierung gemessen worden und drückt sich als Rammwiderstand aus.

Rammsondierungen wurden jeweils vor und nach den Injektionsarbeiten durchgeführt.

Test 1

In der ersten Bodenschicht (zwischen FUK und FUK-1,0 m) beträgt die Erhöhung 1044.93%.

In der zweiten Bodenschicht (zwischen FUK-1,0 m und FUK-2,0 m) beträgt die Erhöhung 461.8%.

In der dritten Bodenschicht (zwischen FUK-2,0 m und FUK-3,0 m) beträgt die Erhöhung 113.9%.

Test 2

In der ersten Bodenschicht (zwischen FUK und FUK-1,0 m) beträgt die Erhöhung 301.17%.

In der zweiten Bodenschicht (zwischen FUK-1,0 m und FUK-2,0 m) beträgt die Erhöhung 486.36%.

In der dritten Bodenschicht (zwischen FUK-2,0 m und FUK-3,0 m) beträgt die Erhöhung 402.51%.

In der vierten Bodenschicht (zwischen FUK-3,0 m und FUK-4,0 m) beträgt die Erhöhung 455.56%.

In der fünften Bodenschicht (zwischen FUK-4,0 m und FUK-5,0 m) beträgt die Erhöhung 792.86%.

Test 3

In der ersten Bodenschicht (zwischen FUK und FUK-1,0 m) beträgt die Erhöhung 447.62%.

In der zweiten Bodenschicht (zwischen FUK-1,0 m und FUK-2,0 m) beträgt die Erhöhung 972.73%.

In der dritten Bodenschicht (zwischen FUK-2,0 m und FUK-3,0 m) beträgt die Erhöhung 1415.15%.

In der vierten Bodenschicht (zwischen FUK-3,0 m und FUK-4,0 m) beträgt die Erhöhung 952.63%.

In der fünften Bodenschicht (zwischen FUK-4,0 m und FUK-5,0 m) beträgt die Erhöhung 941.67%.

Test 4

In der ersten Bodenschicht (zwischen FUK und FUK-1,0 m) beträgt die Erhöhung 144.74%.

In der zweiten Bodenschicht (zwischen FUK-1,0 m und FUK-2,0 m) beträgt die Erhöhung 25.95%.

In der dritten Bodenschicht (zwischen FUK-2,0 m und FUK-3,0 m) beträgt die Erhöhung 275.57%.

Mit freundlichen Grüßen

URETEK Injektionstechnik GmbH



Grundriss M 1 : 100

Kunstharzinjektionen
(Bohrlochabstände lt. ausführender Firma)

STADT SALZBURG

Projekt Imhofstöckl

INDEX	DATUM	NAME	GEPRÜFT	ÄNDERUNG			
MASSSTAB	1 : 100	NAME	ScT	DATUM	12.07.2018	UNTERSCHRIFT	
		BEARBEITET	ReW1				
		GEPRÜFT					
		FREIGEgeben					

PLANINHALT

Unterfangungskonzept
Imhofstöckl
Grundriss EG

PROJEKTNUMMER	PLANNUMMER	INDEX
18-047	002	-



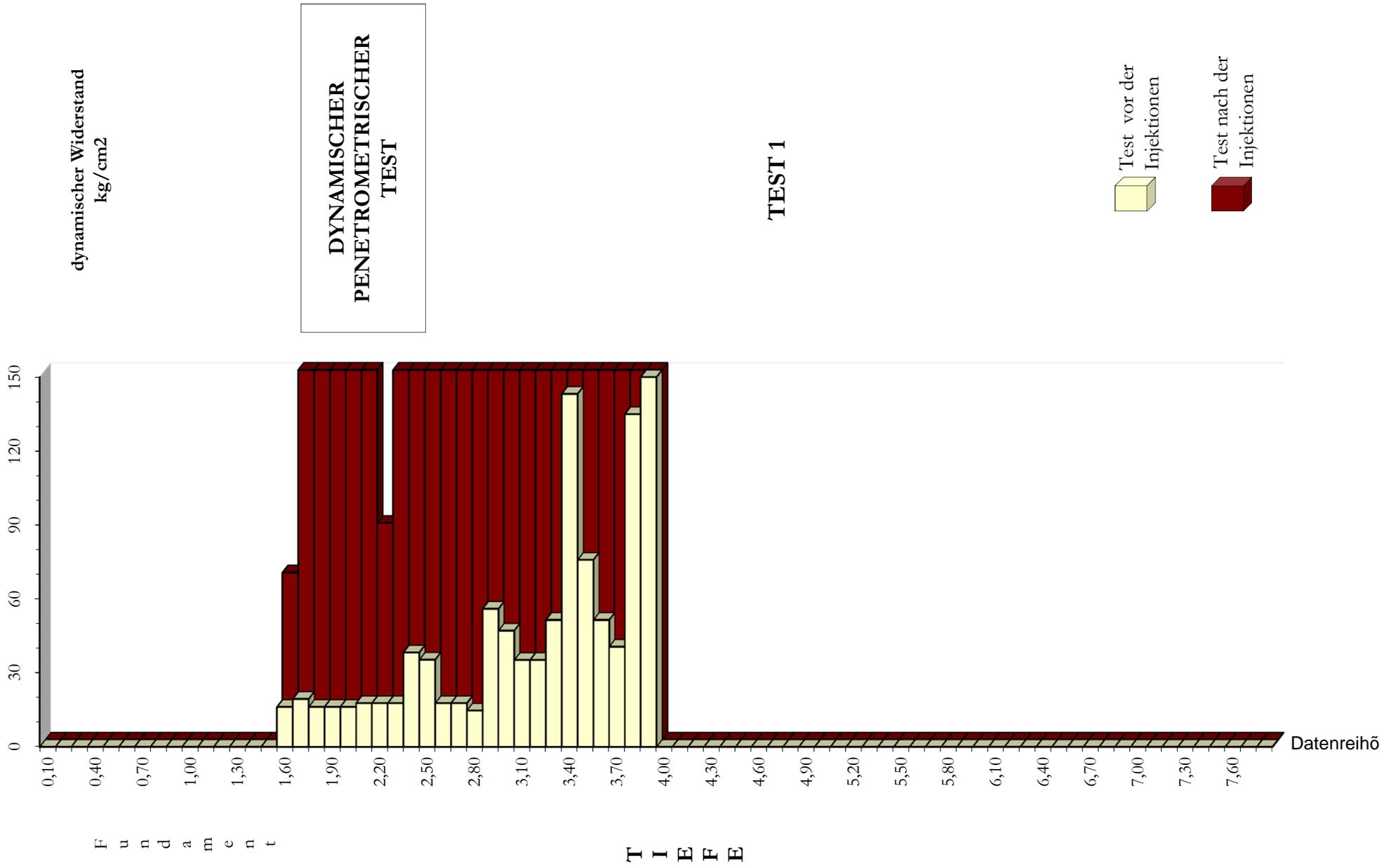
SPIRK + Partner Ingenieur GmbH
A-5020 Salzburg | Bayerhamerstrasse 14
T +43 (0)662 64 20 12 | F +43 (0)662 64 60 12
email: office@spirk.at | www.spirk.at



17035 - Imhofstöckl Salzburg

Tiefe (cm)	<i>Test 1 vom 04.09.2018 und 20.09.2018</i>			
	VOR der Injektionen	dynamische Widerstand	NACH der Injektionen	dynamische Widerstand
0,10		#WERT!		#WERT!
0,20		#WERT!		#WERT!
0,30		#WERT!		#WERT!
0,40		#WERT!		#WERT!
0,50		#WERT!		#WERT!
0,60		#WERT!		#WERT!
0,70		#WERT!		#WERT!
0,80		#WERT!		#WERT!
0,90		#WERT!		#WERT!
1,00		#WERT!		#WERT!
1,10		#WERT!		#WERT!
1,20		#WERT!		#WERT!
1,30		#DIV/0!		#DIV/0!
1,40		#DIV/0!		#DIV/0!
1,50		#DIV/0!		#DIV/0!
1,60	5	16,11	21	67,67
1,70	6	19,33	68	219,12
1,80	5	16,11	100	322,24
1,90	5	16,11	100	322,24
2,00	5	16,11	100	322,24
2,10	6	17,62	100	293,71
2,20	6	17,62	30	88,11
2,30	6	17,62	71	208,53
2,40	13	38,18	100	293,71
2,50	12	35,25	100	293,71
2,60	6	17,62	100	293,71
2,70	6	17,62	100	293,71
2,80	5	14,69	100	293,71
2,90	19	55,80	100	293,71
3,00	16	46,99	100	293,71
3,10	13	35,10	100	270,00
3,20	13	35,10	100	270,00
3,30	19	51,30	100	270,00
3,40	53	143,10	100	270,00
3,50	28	75,60	100	270,00
3,60	19	51,30	100	270,00
3,70	15	40,50	100	270,00
3,80	50	135,00	100	270,00
3,90	103	278,10	100	270,00
4,00		#WERT!		#WERT!
4,10		#WERT!		#WERT!
4,20		#WERT!		#WERT!
4,30		#WERT!		#WERT!
4,40		#WERT!		#WERT!
4,50		#WERT!		#WERT!

17035 - Imhofstöckl Salzburg



17035 - Imhofstöckl Salzburg

Tiefe (cm)	<i>Test2 vom 04.09.2018 und 20.09.2018</i>			
	VOR der Injektionen	dynamische Widerstand	NACH der Injektionen	dynamische Widerstand
0,10		#WERT!		#WERT!
0,20		#WERT!		#WERT!
0,30		#WERT!		#WERT!
0,40		#WERT!		#WERT!
0,50		#WERT!		#WERT!
0,60		#WERT!		#WERT!
0,70		#WERT!		#WERT!
0,80		#WERT!		#WERT!
0,90		#WERT!		#WERT!
1,00		#WERT!		#WERT!
1,10		#WERT!		#WERT!
1,20		#WERT!		#WERT!
1,30		#DIV/0!		#DIV/0!
1,40		#DIV/0!		#DIV/0!
1,50		#DIV/0!		#DIV/0!
1,60	9	29,00	100	322,24
1,70	9	29,00	100	322,24
1,80	17	54,78	100	322,24
1,90	15	48,34	100	322,24
2,00	12	38,67	100	322,24
2,10	50	146,85	100	293,71
2,20	28	82,24	17	49,93
2,30	18	52,87	26	76,36
2,40	7	20,56	17	49,93
2,50	6	17,62	26	76,36
2,60	2	5,87	30	88,11
2,70	3	8,81	9	26,43
2,80	3	8,81	18	52,87
2,90	4	11,75	8	23,50
3,00	5	14,69	9	26,43
3,10	4	10,80	17	45,90
3,20	5	13,50	33	89,10
3,30	6	16,20	70	189,00
3,40	8	21,60	93	251,10
3,50	26	70,20	100	270,00
3,60	25	67,50	100	270,00
3,70	21	56,70	100	270,00
3,80	29	78,30	100	270,00
3,90	29	78,30	100	270,00
4,00	22	59,40	100	270,00
4,10	14	34,98	100	249,86
4,20	16	39,98	100	249,86
4,30	11	27,48	100	249,86
4,40	13	32,48	100	249,86
4,50	19	47,47	100	249,86

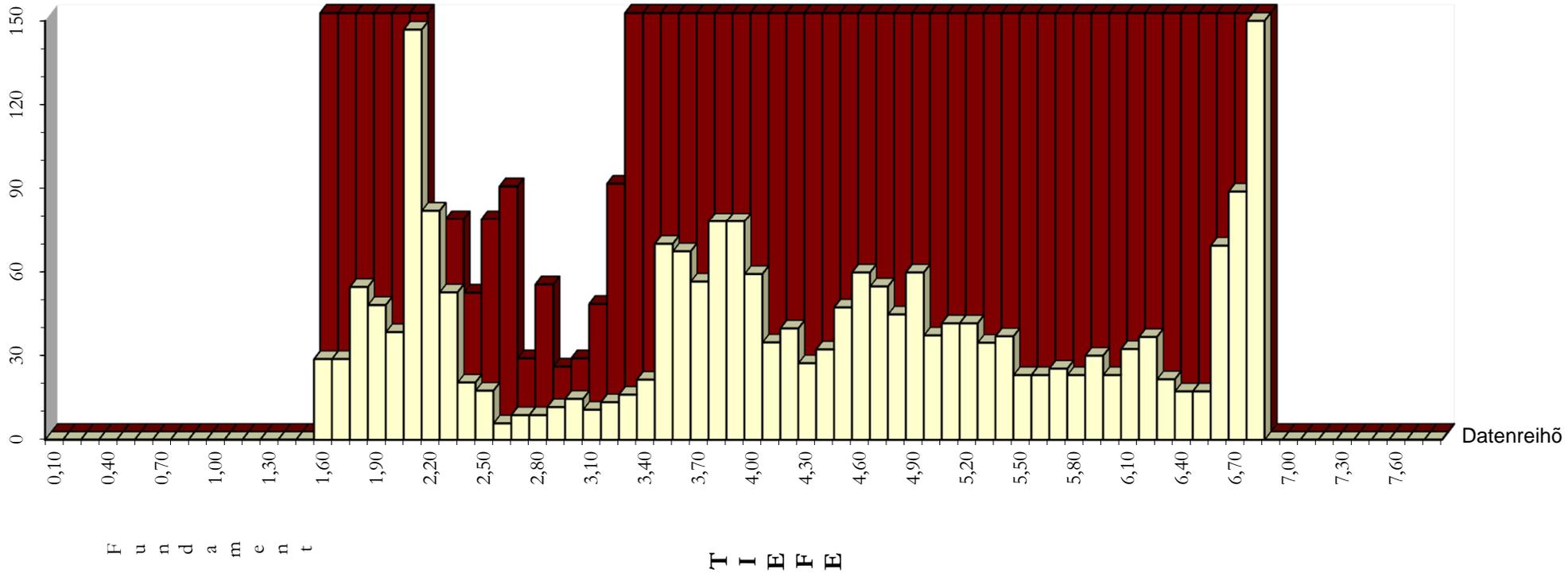
17035 - Imhofstöckl Salzburg

dynamischer Widerstand
kg/cm²

**DYNAMISCHER
PENETROMETRISCHER
TEST**

TEST 2

Test vor der
Injektionen 
Test nach der
Injektionen 



F u n d a m e n t

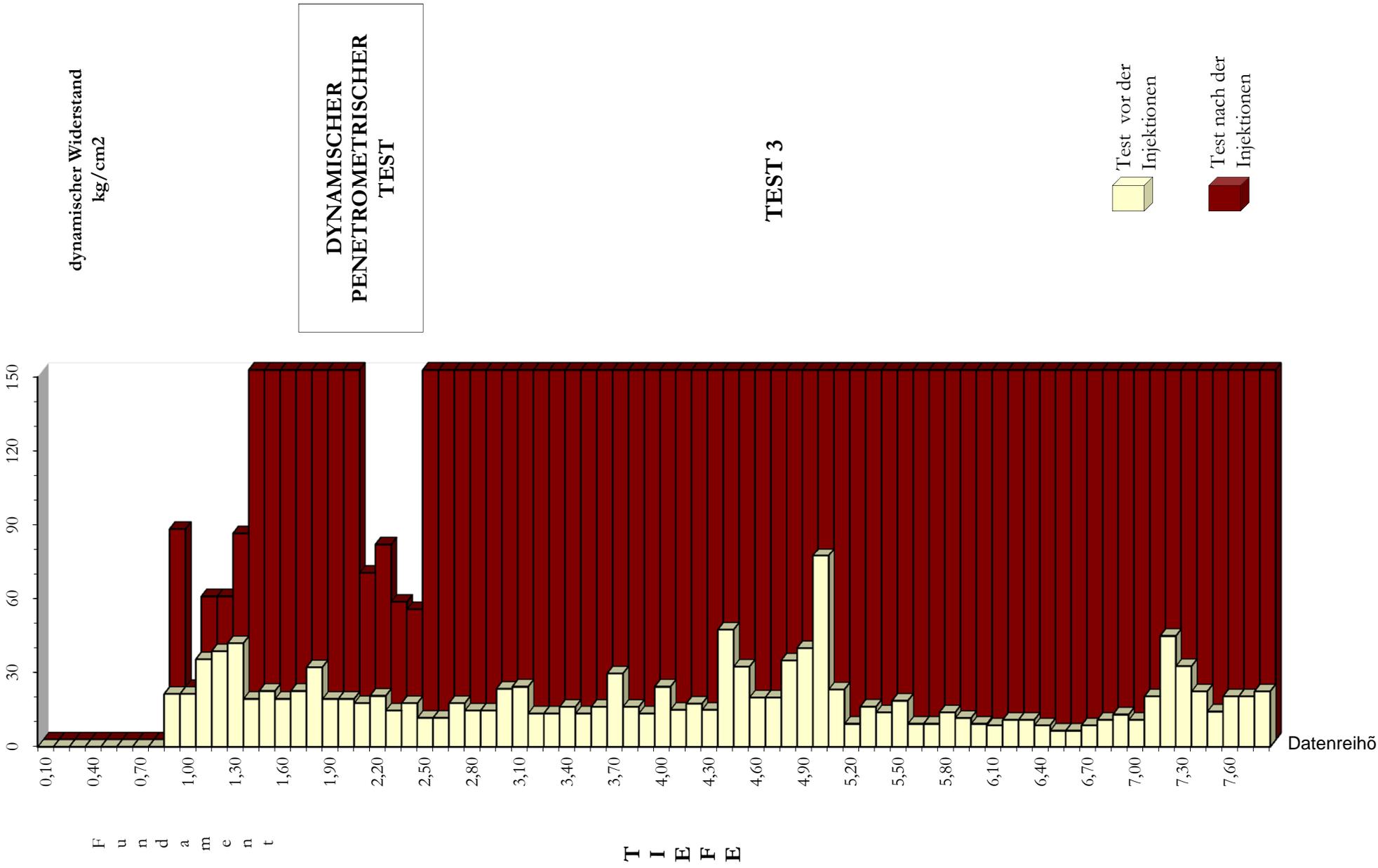
T I E F E

Datenreihö

17035 - Imhofstöckl Salzburg

Tiefe (cm)	<i>Test 3 vom 04.09.2018 und 20.09.2018</i>			
	VOR der Injektionen	dynamische Widerstand	NACH der Injektionen	dynamische Widerstand
0,10		#WERT!		#WERT!
0,20		#WERT!		#WERT!
0,30		#WERT!		#WERT!
0,40		#WERT!		#WERT!
0,50		#WERT!		#WERT!
0,60		#WERT!		#WERT!
0,70		#WERT!		#WERT!
0,80		#WERT!		#WERT!
0,90	6	21,40	24	85,60
1,00	6	21,40	6	21,40
1,10	11	35,45	18	58,00
1,20	12	38,67	18	58,00
1,30	13	41,89	26	83,78
1,40	6	19,33	55	177,23
1,50	7	22,56	49	157,90
1,60	6	19,33	62	199,79
1,70	7	22,56	102	328,69
1,80	10	32,22	100	322,24
1,90	6	19,33	100	322,24
2,00	6	19,33	100	322,24
2,10	6	17,62	23	67,55
2,20	7	20,56	27	79,30
2,30	5	14,69	19	55,80
2,40	6	17,62	18	52,87
2,50	4	11,75	113	331,89
2,60	4	11,75	57	167,41
2,70	6	17,62	63	185,04
2,80	5	14,69	70	205,60
2,90	5	14,69	100	293,71
3,00	8	23,50	100	293,71
3,10	9	24,30	100	270,00
3,20	5	13,50	100	270,00
3,30	5	13,50	100	270,00
3,40	6	16,20	100	270,00
3,50	5	13,50	100	270,00
3,60	6	16,20	100	270,00
3,70	11	29,70	100	270,00
3,80	6	16,20	100	270,00
3,90	5	13,50	100	270,00
4,00	9	24,30	100	270,00
4,10	6	14,99	100	249,86
4,20	7	17,49	100	249,86
4,30	6	14,99	100	249,86
4,40	19	47,47	100	249,86
4,50	13	32,48	100	249,86

17035 - Imhofstöckl Salzburg

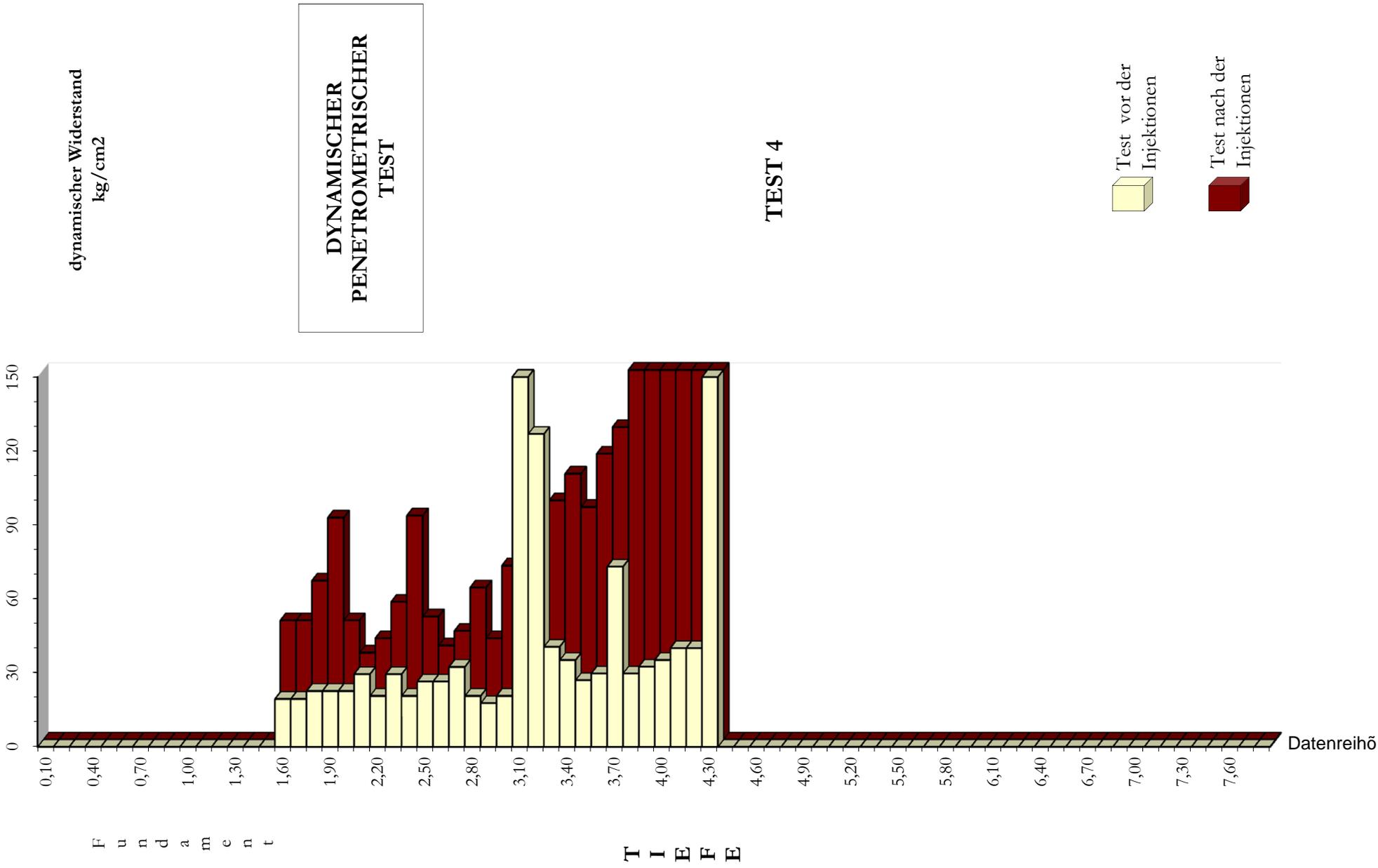


Datenreihö

17035 - Imhofstöckl Salzburg

Tiefe (cm)	<i>Test 4 vom 04.09.2018 und 10.09.2018</i>			
	VOR der Injektionen	dynamische Widerstand	NACH der Injektionen	dynamische Widerstand
0,10		#WERT!		#WERT!
0,20		#WERT!		#WERT!
0,30		#WERT!		#WERT!
0,40		#WERT!		#WERT!
0,50		#WERT!		#WERT!
0,60		#WERT!		#WERT!
0,70		#WERT!		#WERT!
0,80		#DIV/0!		#WERT!
0,90		#DIV/0!		#DIV/0!
1,00		#DIV/0!		#DIV/0!
1,10		#DIV/0!		#DIV/0!
1,20		#DIV/0!		#DIV/0!
1,30		#DIV/0!		#DIV/0!
1,40		#DIV/0!		#DIV/0!
1,50		#DIV/0!		#DIV/0!
1,60	6	19,33	15	48,34
1,70	6	19,33	15	48,34
1,80	7	22,56	20	64,45
1,90	7	22,56	28	90,23
2,00	7	22,56	15	48,34
2,10	10	29,37	12	35,25
2,20	7	20,56	14	41,12
2,30	10	29,37	19	55,80
2,40	7	20,56	31	91,05
2,50	9	26,43	17	49,93
2,60	9	26,43	13	38,18
2,70	11	32,31	15	44,06
2,80	7	20,56	21	61,68
2,90	6	17,62	14	41,12
3,00	7	20,56	24	70,49
3,10	60	162,00	17	45,90
3,20	47	126,90	18	48,60
3,30	15	40,50	36	97,20
3,40	13	35,10	40	108,00
3,50	10	27,00	35	94,50
3,60	11	29,70	43	116,10
3,70	27	72,90	47	126,90
3,80	11	29,70	71	191,70
3,90	12	32,40	100	270,00
4,00	13	35,10	100	270,00
4,10	16	39,98	100	249,86
4,20	16	39,98	100	249,86
4,30	70	174,90	100	249,86
4,40		#DIV/0!		#DIV/0!
4,50		#DIV/0!		#DIV/0!

17035 - Imhofstöckl Salzburg



dynamischer Widerstand
kg/cm²

F u n d a m e n t

T I E F E

Datenreihö

URETEK ITALIA S.P.A.

TECHNISCHES BÜRO:

Via Dosso del Duca 16 – 37021 Bosco Chiesanuova (VR)



TECHNISCHER BERICHT

ÜBERWACHUNG EINES GEBÄUDES AUS DEM 17. JAHRHUNDERT
MIT HILFE VON HYDRA BODENRADAR-GERÄTEN
WÄHREND DER BAUGRUNDVERSTÄRKUNG DURCH INJEKTION
VON EXPANSIONSHARZEN

BAUSTELLE:

Mozartplatz 5 – Salzburg (A)

ZEITRAUM:

September 2018

Erstellt am

21.09.2018 Ing.

Inhalt

1 	EINLEITUNG.....	1
2 	ABBILDUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER BAUSTELLE.....	1
2.1	Lageplan der Baustelle und Positionierung des Bodenradars.....	1
2.2	Fassade Ostseite	2
2.2.1	Foto der Baustelle	2
2.2.2	Überwachung 9.00-11.30 (Vormittag).....	4
2.2.3	Überwachung 14.00-16.00 (Nachmittag).....	5
2.3	Fassade Westseite	7
2.3.1	Foto der Baustelle	7
2.3.2	Überwachung 16.00-20.00 (Nachmittag).....	8
2.3.3	Überwachung 9.30-12.30 (Vormittag).....	11
3 	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	13
ANHANG A FUNKTIONSWEISE DES HYDRA BODENRADAR-GERÄTS UND DER SOFTWARE SURFSCAN		
14		
	Montage und Bestandteile des Bodenradar-Geräts Hydra	14
	Datengewinnung, Überwachung und Funktionsweise der Software SurfScan ..	15
	Vorteile	16

Technischer Bericht

ÜBERWACHUNG EINES GEBÄUDES AUS DEM 17. JAHRHUNDERT MITHILFE VON HYDRA BODENRADAR-GERÄTEN WÄHREND DER BAUGRUNDVERSTÄRKUNG DURCH INJEKTION VON EXPANSIONSHARZEN

1| EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht behandelt die Überwachung eines Gebäudes aus dem 17. Jahrhundert, das sich auf dem Mozartplatz in Salzburg (A) befindet.

Beim Gebäude kam es zu einem Absacken aufgrund der mangelnden Kompaktheit und Festigkeit des Untergrunds in manchen Bereichen, wie aus den Mauerrissen und aus den Ergebnissen von Penetrometer-Untersuchungen hervorgeht.

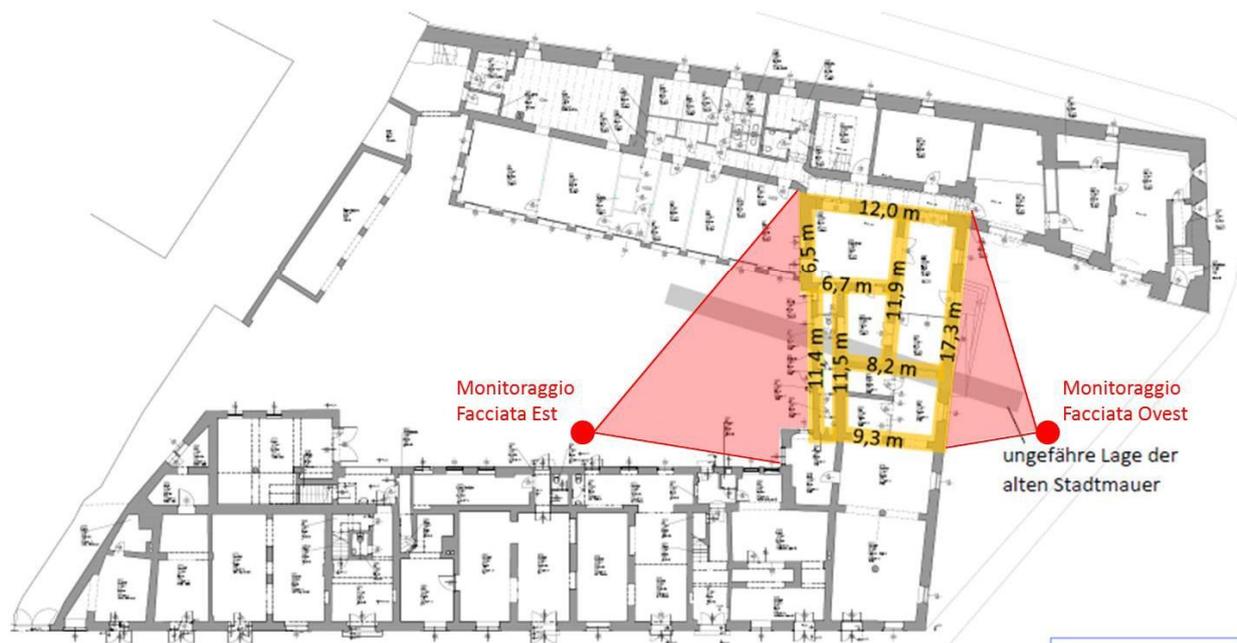
Der Einsatz von Uretek betraf die Verstärkung des Untergrunds mithilfe der Injektion von Expansionsharz sowohl im Inneren als auch im Außenbereich, wobei Sorge getragen wurde, keine zu starke Rissbildung im Gebäude zu verursachen, um dessen Stabilität nicht zu gefährden.

Unterstützend erfolgte während der Injektionen eine Überwachung der beiden Außenfassaden des Gebäudes mithilfe von Bodenradar-Geräten, um eventuell verursachte Gebäuderisse registrieren zu können.

2| ABBILDUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER BAUSTELLE

2.1| Lageplan der Baustelle und Positionierung des Bodenradars

U-17035 Injektionsplan



Position des Radars an der Ostseite:

- 2,2 m von der rechten Mauer
- 14,3 m vordere Mauer

Position des Radars an
der Westseite:

- Ausgerichtet mit
dem ersten
Fenster
- 7,8 m vordere
Mauer

2.2 | Fassade Ostseite

2.2.1 | Foto der Baustelle



Abbildung 2-1: Positionierung des Radars (Rückansicht) mit Angabe des überwachten Bereichs



Abbildung 2-2: Positionierung des Radars (Vorderansicht)



Abbildung 2-3: Für die Injektion der Harze an der Vorderseite aufgedigter Bereich

Die Überwachung der ostseitigen Fassade erfolgte am Dienstag, dem 11. September am Vormittag und am Nachmittag.

Für die Untersuchung der Daten aus dem Überwachungsgerät lässt sich die Fassade in 4 Bereiche unterteilen: Zonen 1 und 4 stellen die seitlichen Mauern dar, die im Vergleich zur mittleren Mauer weiter vor stehen. Die mittlere Mauer ist wiederum in zwei Zonen unterteilt (Zone 2 und 3), da im Untergrund (unter der Eingangstür) das Mauerwerk der alten Stadtmauer verläuft: die Injektionen könnten, wenn sie links und rechts der unterirdischen Mauer erfolgen, zu unterschiedlichen Rissbildungen führen.



2.2.2 | Überwachung 9.00-11.30 (Vormittag)

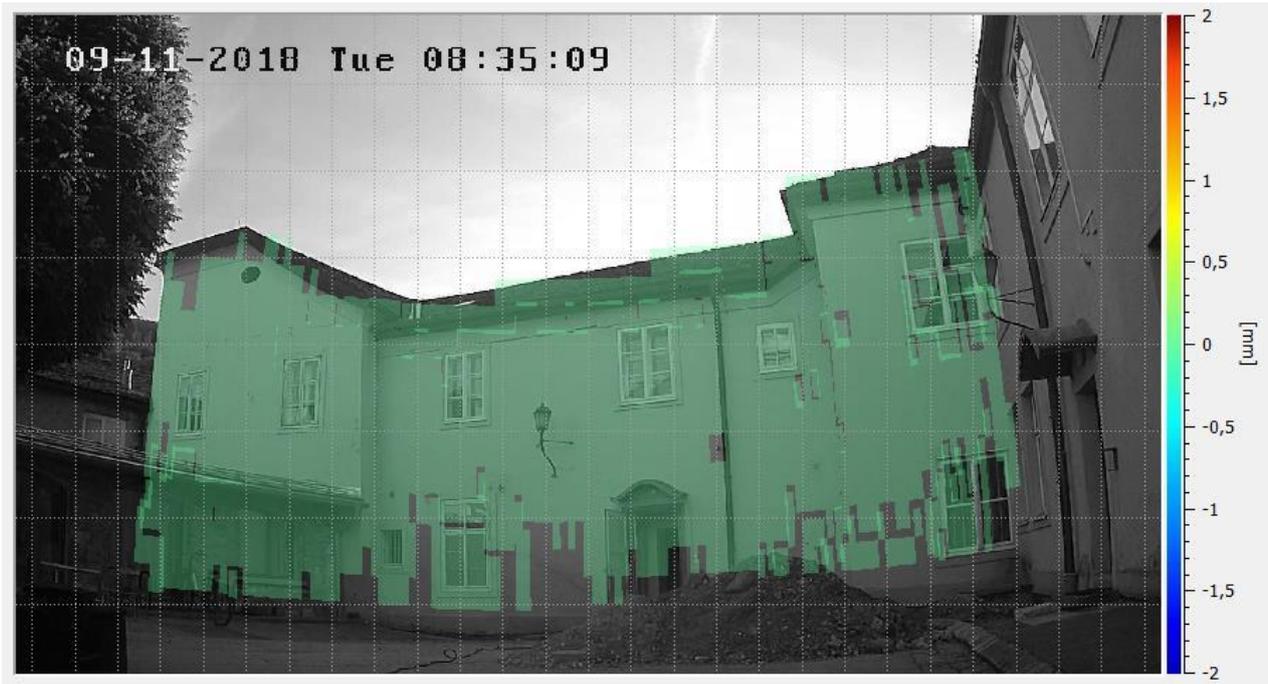


Abbildung 2-5: Vom Radar erfasste Punktwolke

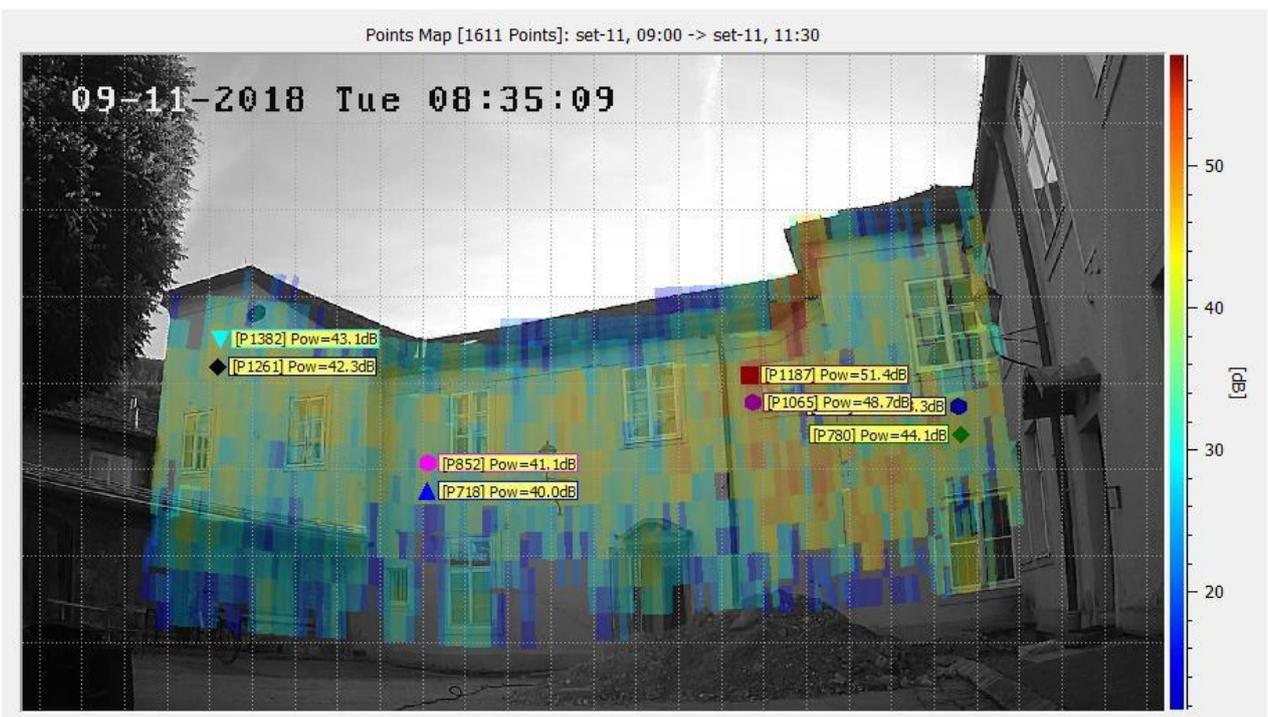


Abbildung 2-6: Ausgewählte Punkte an der Fassade

Für jede Zone werden zwei benachbarte Punkte mit hoher Dichte ausgewählt. Die Wahl von zwei benachbarten Punkten soll sicherstellen, dass deren Verlagerung während der gesamten Überwachungsphase etwa gleich ist. Ist das nicht der Fall, deutet es darauf hin, dass Probleme aufgetreten sind und die beiden Punkte nicht zuverlässig sind.

Je höher die Dichte des Punktes ist, desto zuverlässiger sind auch die Daten, die aus der Überwachung stammen.

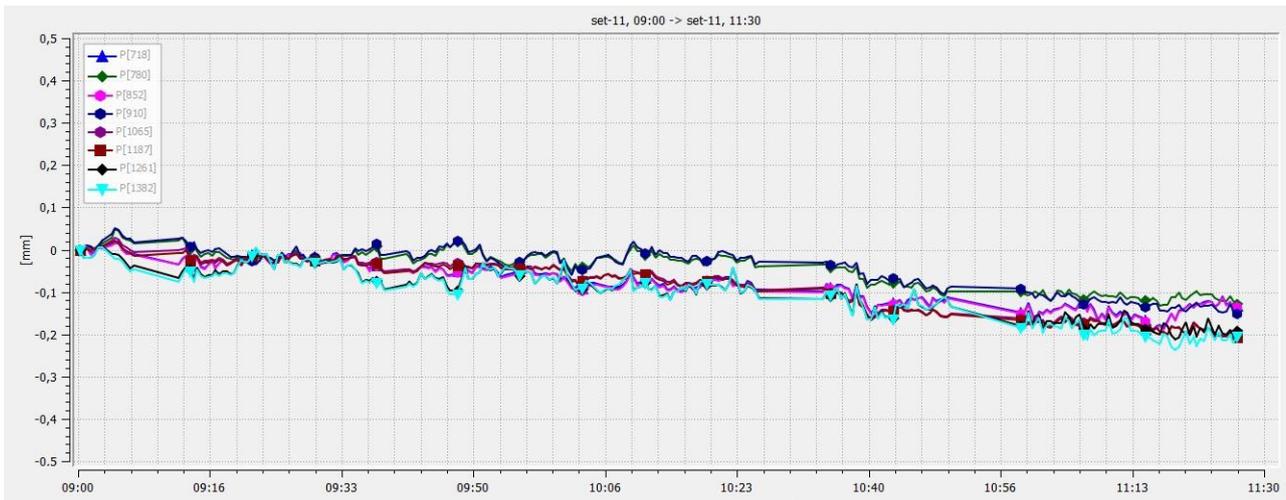


Abbildung 2-7: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [9.00-11.30]

Aus der Überwachung geht hervor, dass alle an der Fassade gewählten Punkte dem gleichen Trend nach unten folgen, ausgehend von 0 mm um 9.00 Uhr bis auf 0,1- 0,2 mm um 11.30 Uhr.

Dieser Verlauf ist mit Sicherheit darauf zurückzuführen, dass sich die Metallstruktur, auf der das Radar ruht, in dem Maße ausdehnt, wie die Temperatur im Lauf des Vormittags ansteigt und der Bereich nach und nach der Sonne ausgesetzt wird. In diesem Fall ist dieses Phänomen besonders ausgeprägt, da nach vorangegangener Bewölkung strahlender Sonnenschein herrscht.

Je mehr sich die Metallstruktur ausdehnt, desto höher steigt das Radargerät und nähert sich damit den überwachten Punkten: Dabei werden Verschiebungen sich voneinander entfernender Punkte als positiv und Verschiebungen sich annähernder Punkte als negativ definiert.

Abzüglich der temperaturbedingten Bewegung werden also keine Bewegungen registriert, die stärker als 0,1 mm sind.

2.2.3 | Überwachung 14.00-16.00 (Nachmittag)



Abbildung 2-8: Vom Radar erfasste Punktwolke

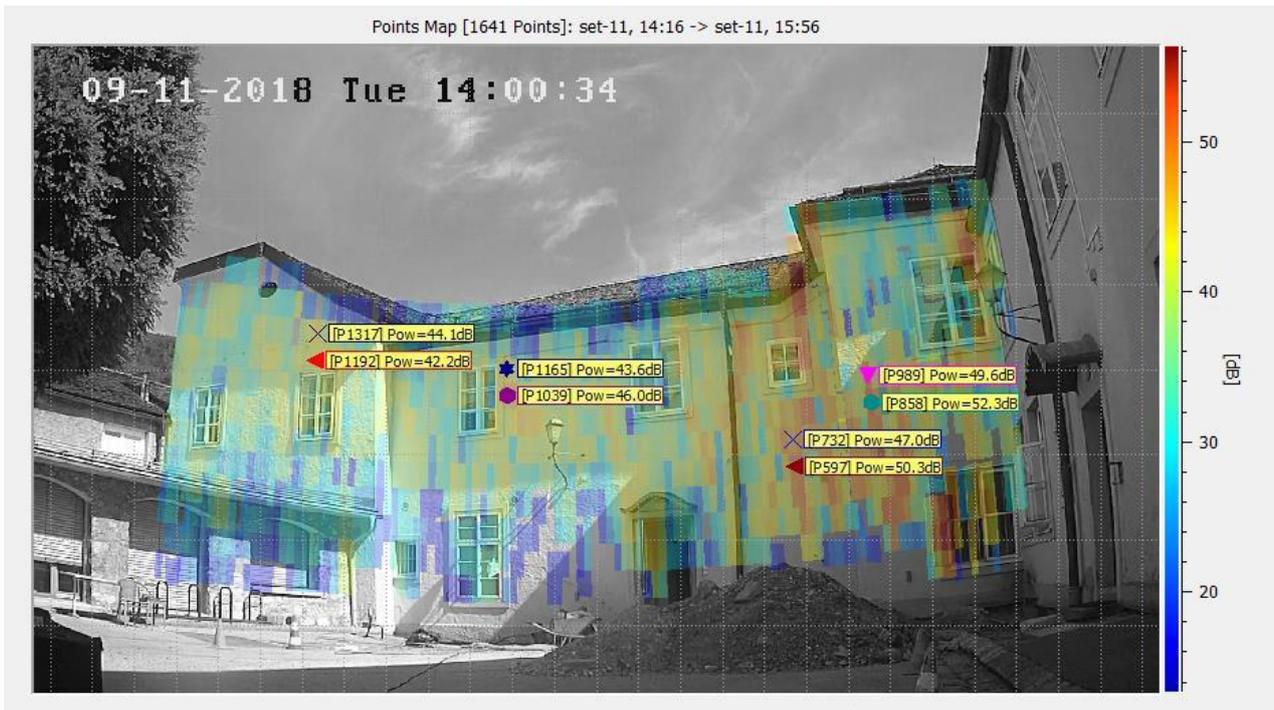


Abbildung 2-9: Ausgewählte Punkte an der Fassade

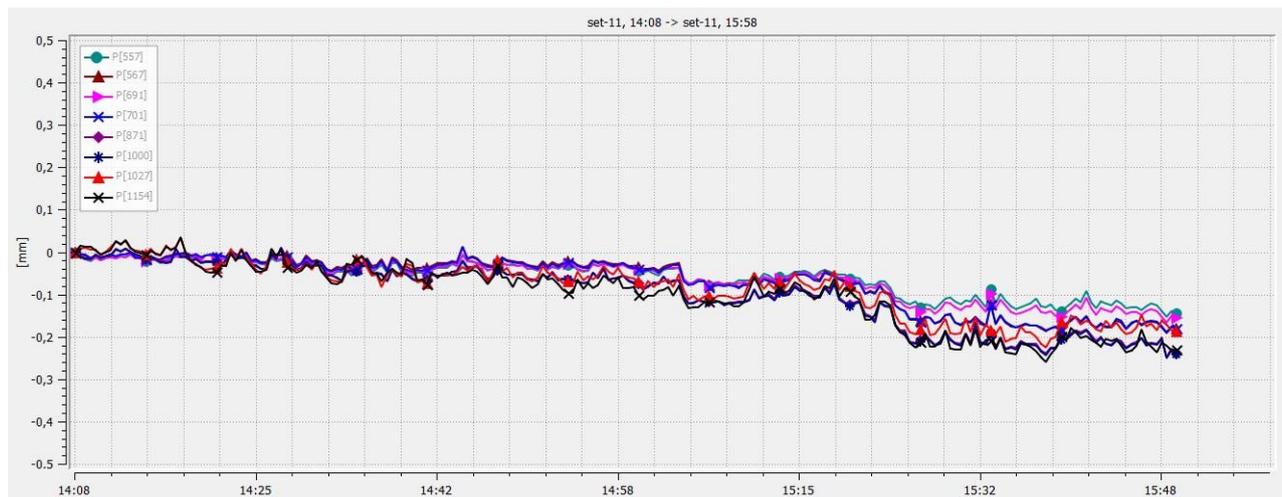


Abbildung 2-10: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [14.10-15.50]

Im Zeitraum zwischen 14.00 und 16.00 unterliegt die Überwachung nicht dem Einfluss von Temperaturschwankungen, da diese stabil bleibt.

Bei allen Punkten der Fassade sind um 15.00 Uhr und um 15.25 Uhr zwei Sprünge von 0,1 mm festzustellen.

Wie festgestellt werden kann, folgen alle Gebäudepunkte dem gleichen Verlauf, deshalb ist anzunehmen, dass diese Sprünge nicht auf die Injektionen zurückzuführen sind, sondern auf Erschütterungen an der Stützkonstruktion des Radars.

Wären die Harzinjektionen der Grund, wären die registrierten Verschiebungen in den einzelnen überwachten Zonen mehr oder weniger unterschiedlich.

2.3 | Fassade Westseite

2.3.1 | Foto der Baustelle

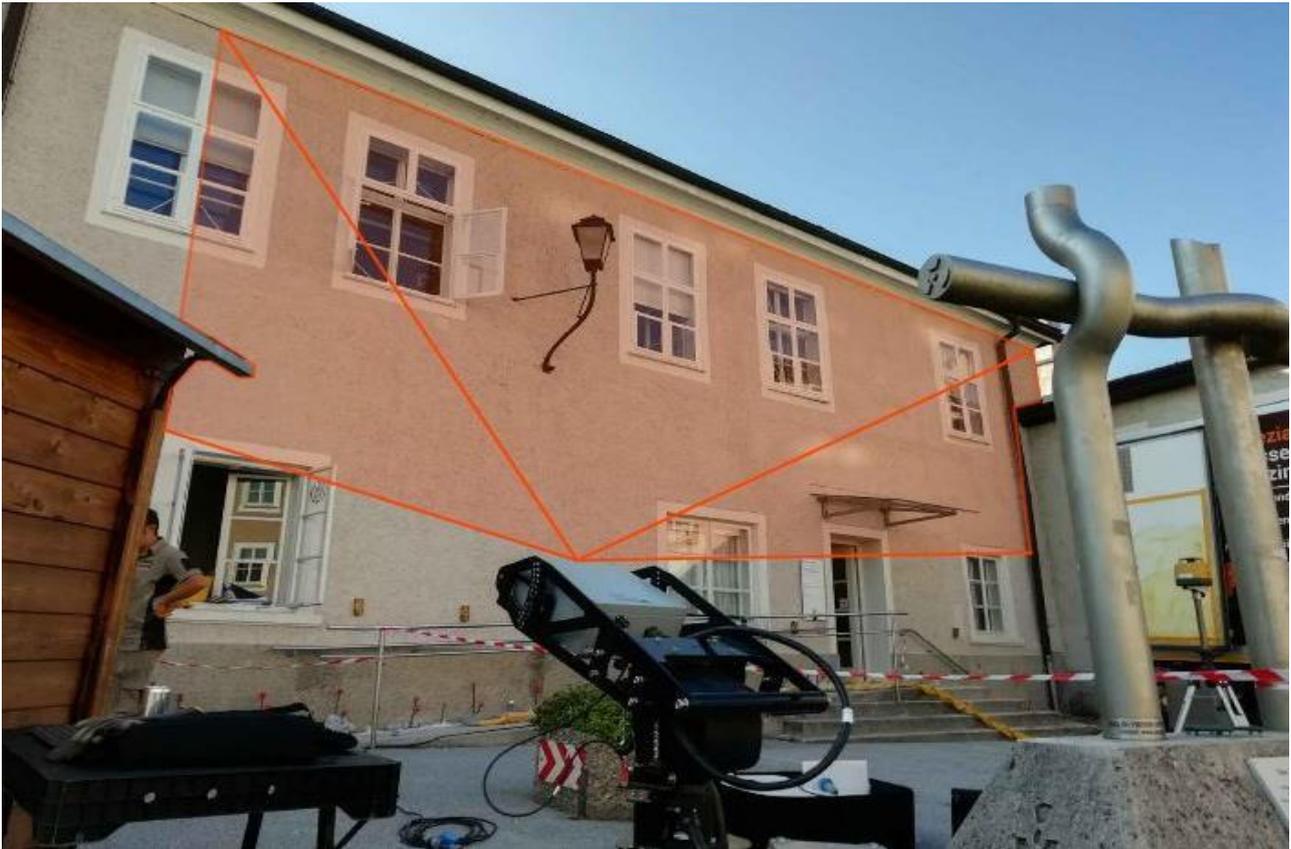


Abbildung 2-11: Positionierung des Radars mit Angabe des überwachten Bereichs

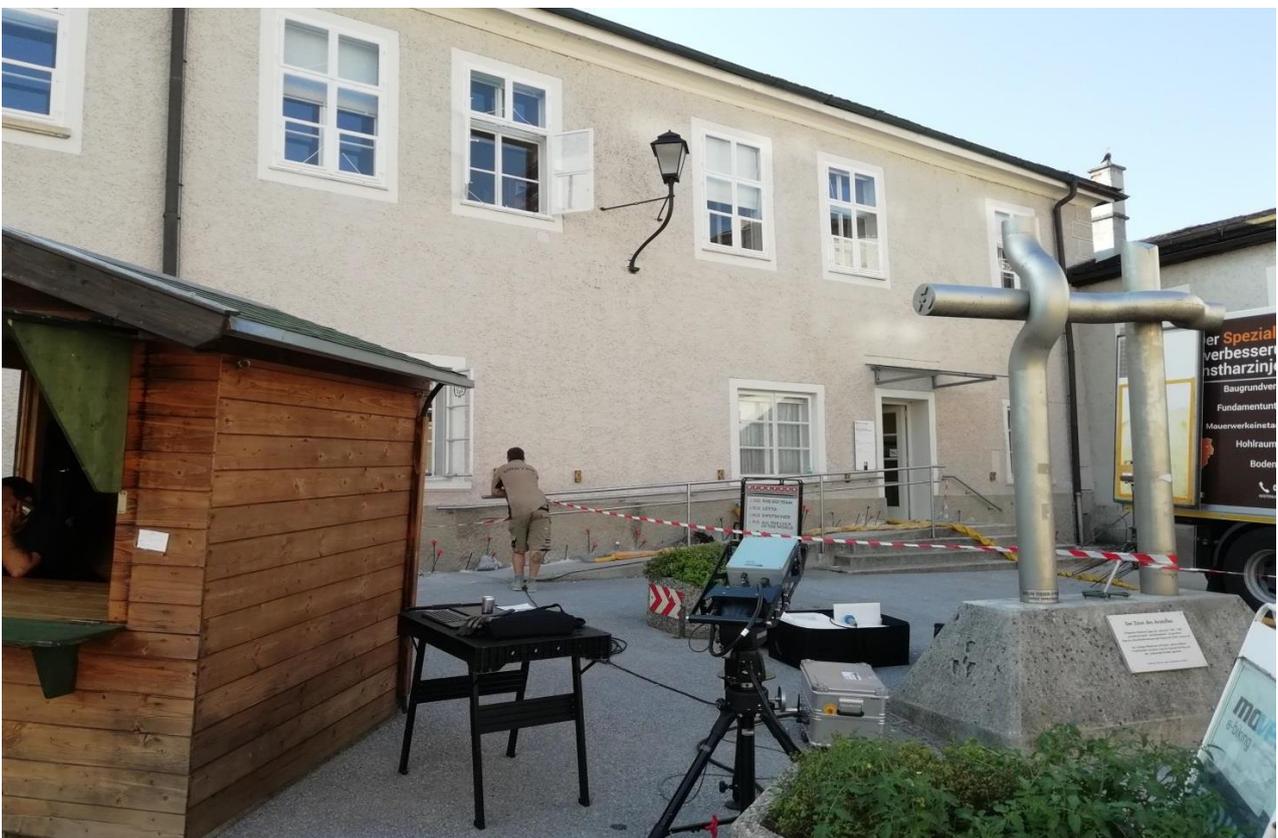


Abbildung 2-12: Erweiterte Ansicht der Baustelle und geometrische Abgrenzungen

Die Überwachung der Westfassade wurde Montag, den 17. September nachmittags und Dienstag, den 18. September vormittags durchgeführt.
 Für die Überwachungsphase kann die Fassade in 4 Zonen unterteilt werden: zwischen Zone 2 und Zone 3 verläuft im Boden die alte Stadtmauer, während der Untergrund unterhalb von Zone 4 weniger stabil ist.

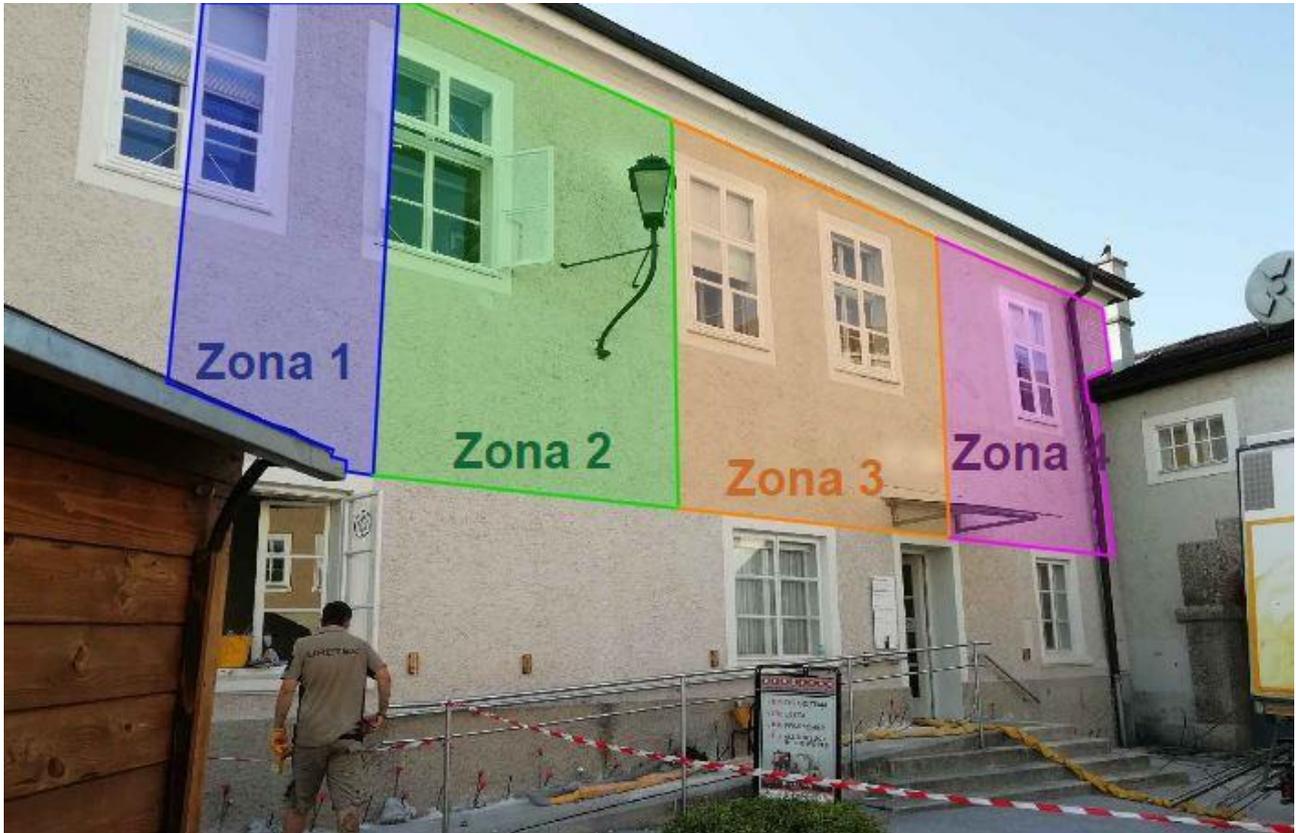


Abbildung 2-13: Unterteilung der Westfassade in Zonen

2.3.2 | Überwachung 16.00-20.00 (Nachmittag)



Abbildung 2-14: Vom Radar erfasste Punktwolke

Im Vergleich mit der Ostfassade ist gut zu erkennen ist, dass die Punktwolke hier wesentlich kleiner ist. Der Grund dafür ist, dass das Radar sehr nahe an der Mauer aufgestellt werden musste (aufgrund der räumlichen Einschränkungen auf der Baustelle) und deshalb nicht die gesamte Fassade überwacht werden konnte, sondern nur der Teil oberhalb der Fenster im Erdgeschoß.

Der Bereich unterhalb der Fenster ist für die Überwachung nicht relevant, weil hier ständig Arbeiter hin- und hergehen und das Ergebnis der Messungen dadurch zeitweilig beeinträchtigt werden könnte.

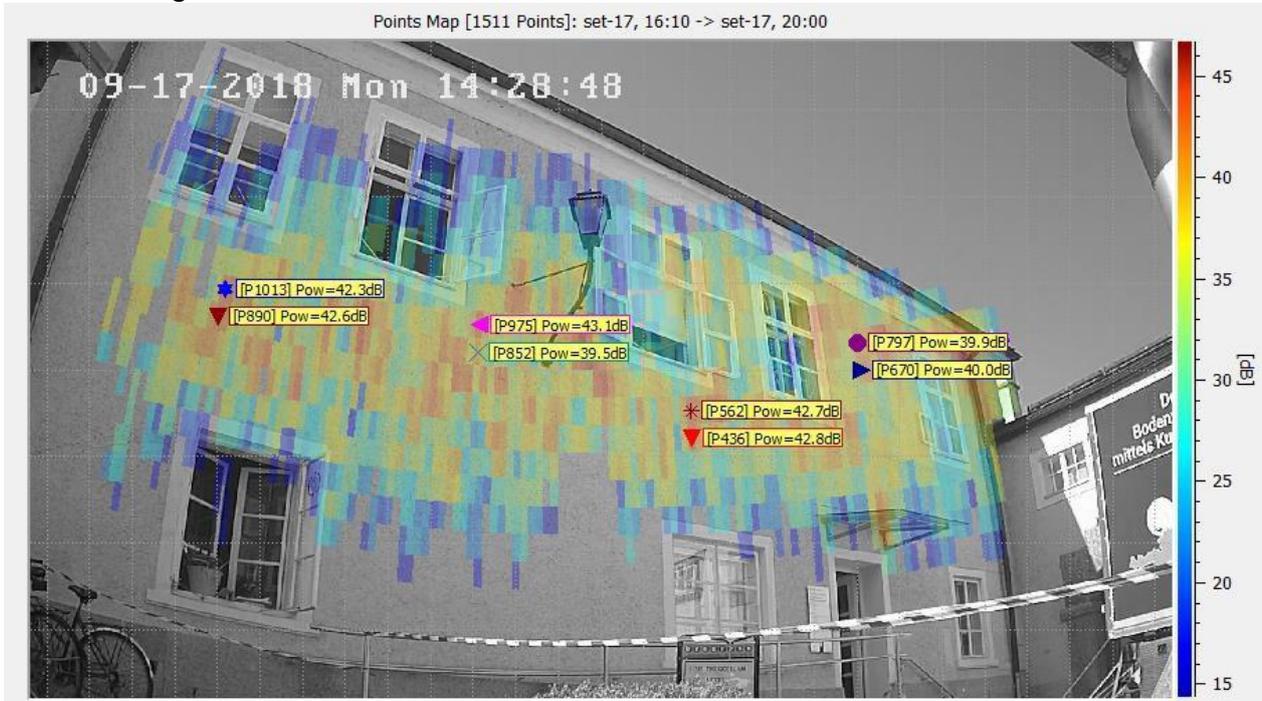


Abbildung 2-15: Ausgewählte Punkte an der Fassade

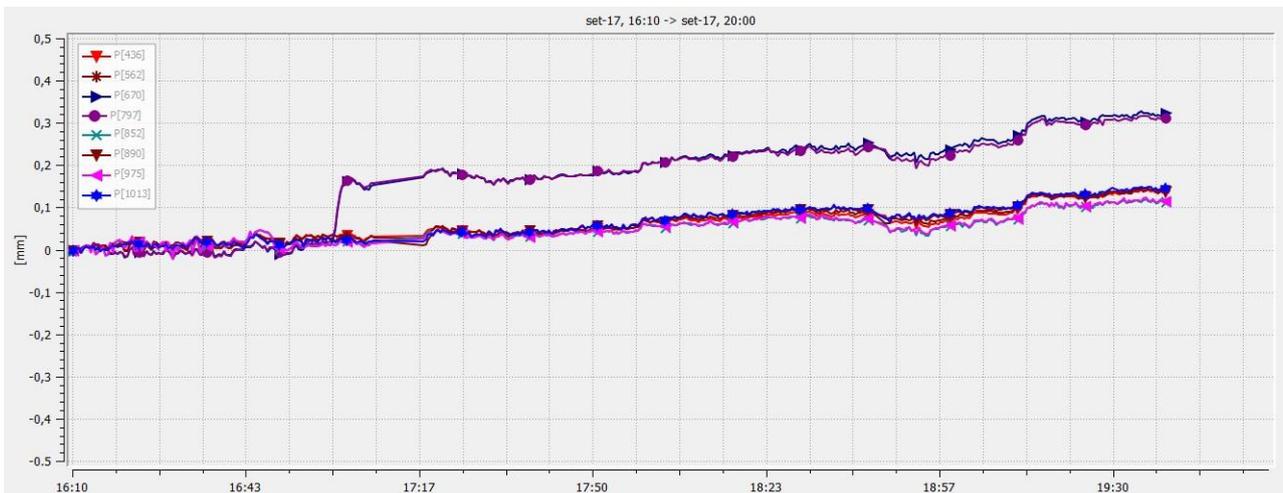


Abbildung 2-16: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [16.10-19.45]

In Zone 4 wurde zwischen 17.00 Uhr und 17.05 Uhr als Folge der Injektionen am Fundament in dem Bereich, in dem der Untergrund weniger stabil ist, ein Sprung von 0,2 mm registriert. Die Laserempfänger bestätigen, dass es eine Verlagerung gegeben hat. Aus der Überwachung geht hervor, dass alle an der Fassade gewählten Punkte dem gleichen Trend folgen und angehoben wurden.

Dieser Verlauf ist mit Sicherheit darauf zurückzuführen, dass sich die Metallstruktur, auf der das Radar ruht aufgrund der im Lauf des Nachmittags und des Sonnenuntergangs

Uretek Italia S.p.A.
sinkenden Temperatur zusammenzieht.

Überwachung mithilfe des Hydra Bodenradar-Geräts

Je mehr sich die Metallstruktur zusammenzieht, desto mehr entfernt sich das Radargerät von den überwachten Punkten: Dabei werden Verschiebungen sich voneinander entfernender Punkte als positiv und Verschiebungen sich annähernder Punkte als negativ definiert.

Unterteilt man das Diagramm in zwei Unterdiagramme (eines von 16.00 bis 17.00 Uhr und eines von 17.10 bis 20.00 Uhr), so lässt sich feststellen, dass das Phänomen des Zusammenziehens der Metallstruktur - abzüglich des Sprungs in Zone 4 - etwa um 17.00 Uhr bei 0 mm einsetzt und um 20.00 Uhr 0,1- 0,2 mm erreicht.

Daher werden, abgesehen von den temperaturbedingten Auswirkungen in den Zonen 1, 2 und 3, keine Bewegungen infolge der Injektionen registriert.

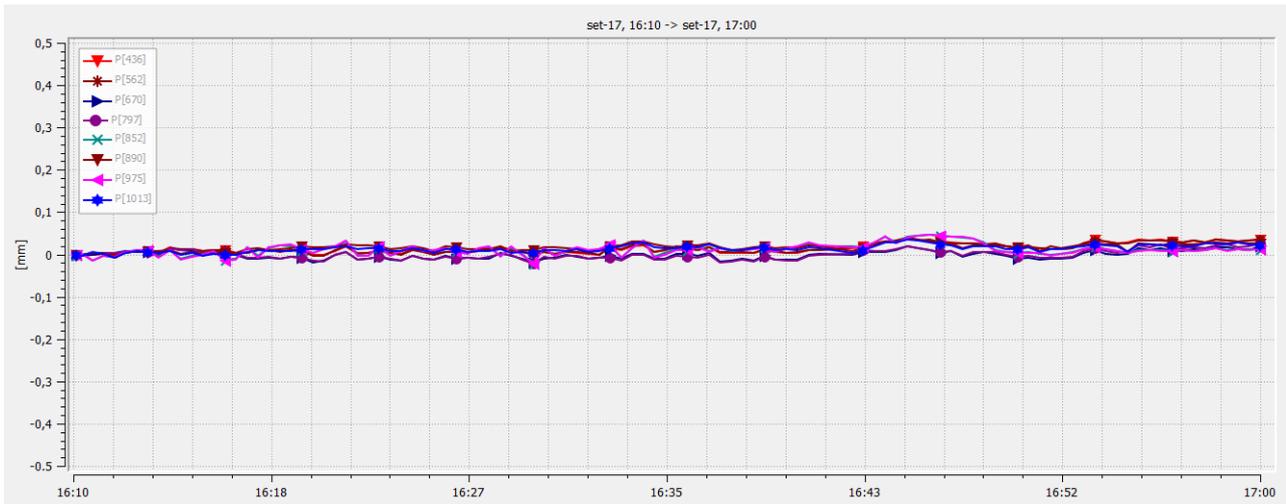


Abbildung 2-17: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [16.10-17.00]

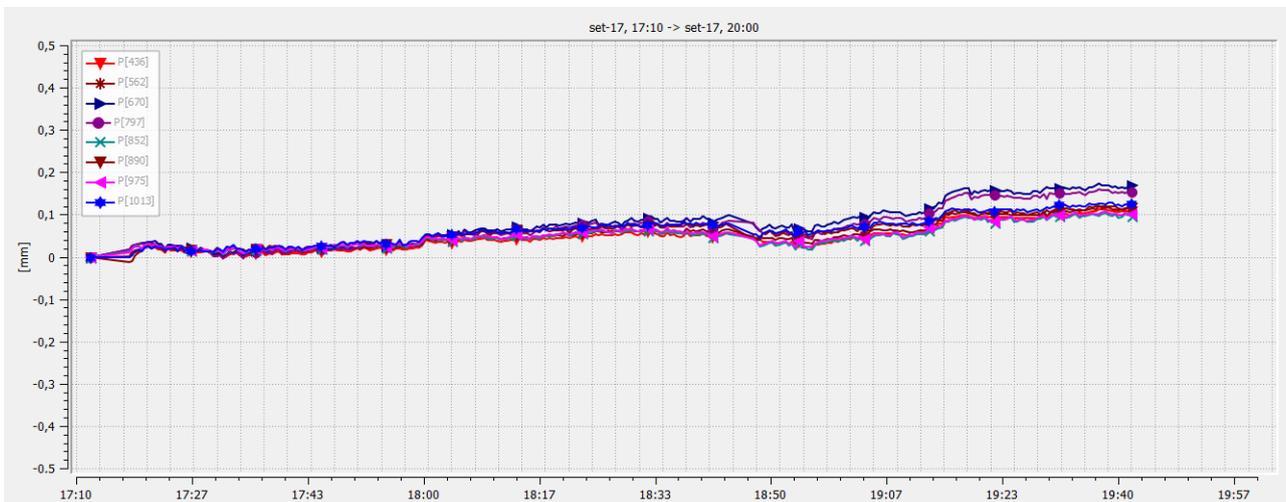


Abbildung 2-18: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [17.10-19.45] (genormte Daten für die um 17.10 Uhr gemessenen Punkte)

2.3.3 | Überwachung 9.30-12.30 (Vormittag)



Abbildung 2-19: Vom Radar erfasste Punktwolke

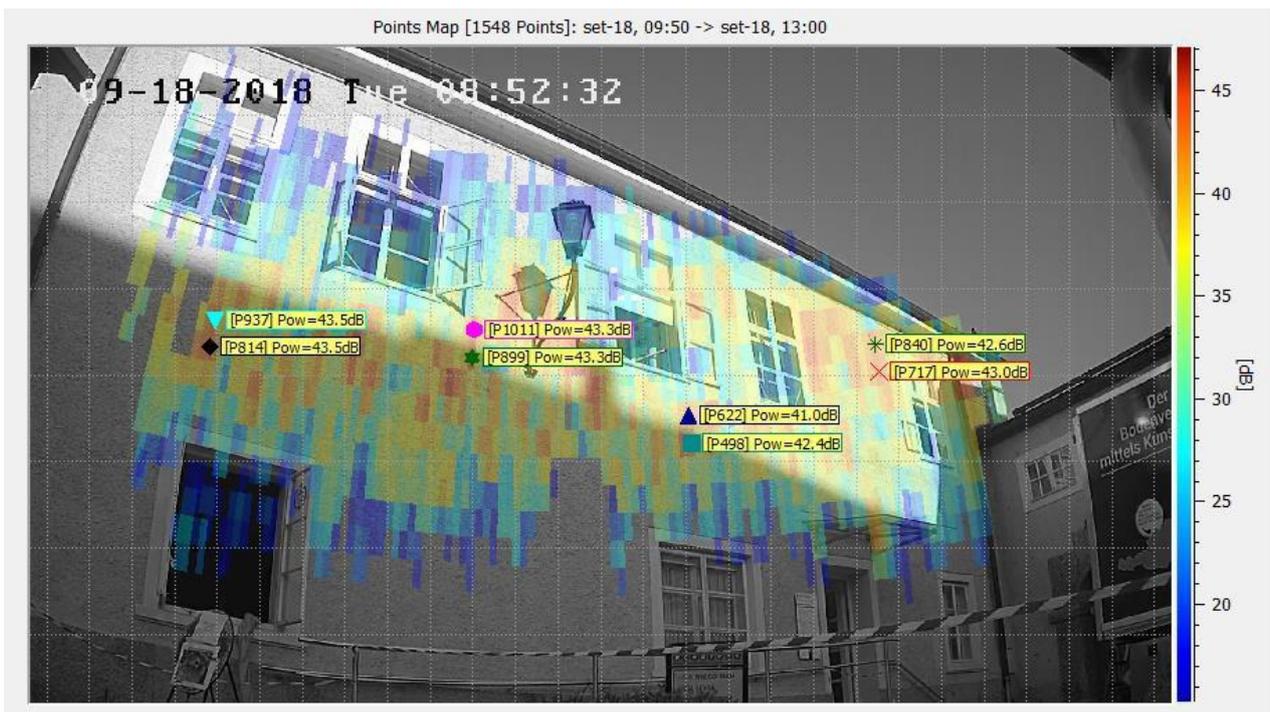


Abbildung 2-20: Ausgewählte Punkte an der Fassade

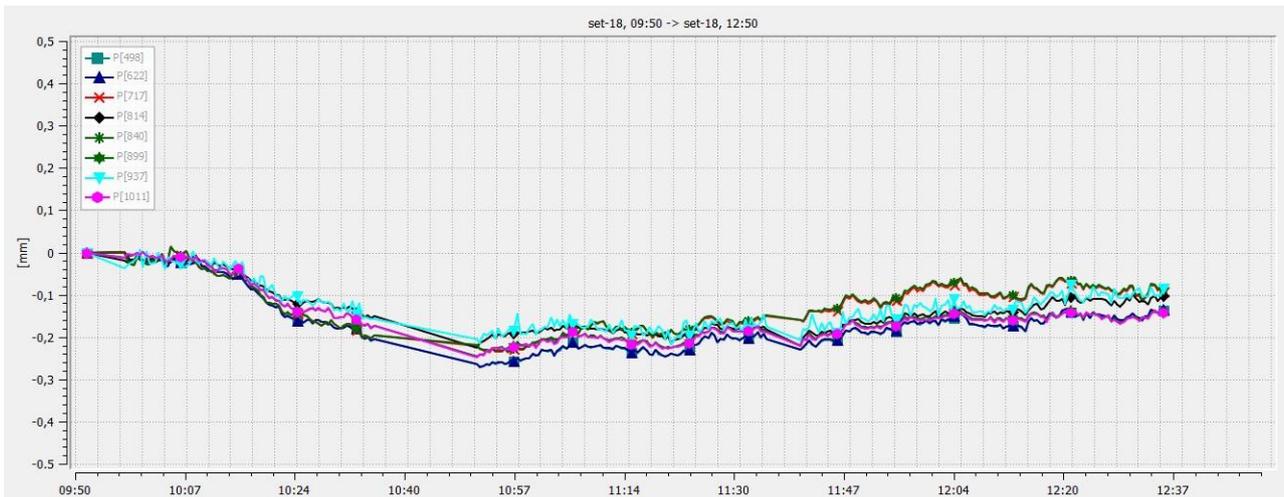


Abbildung 2-21: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [9.50-12.40]

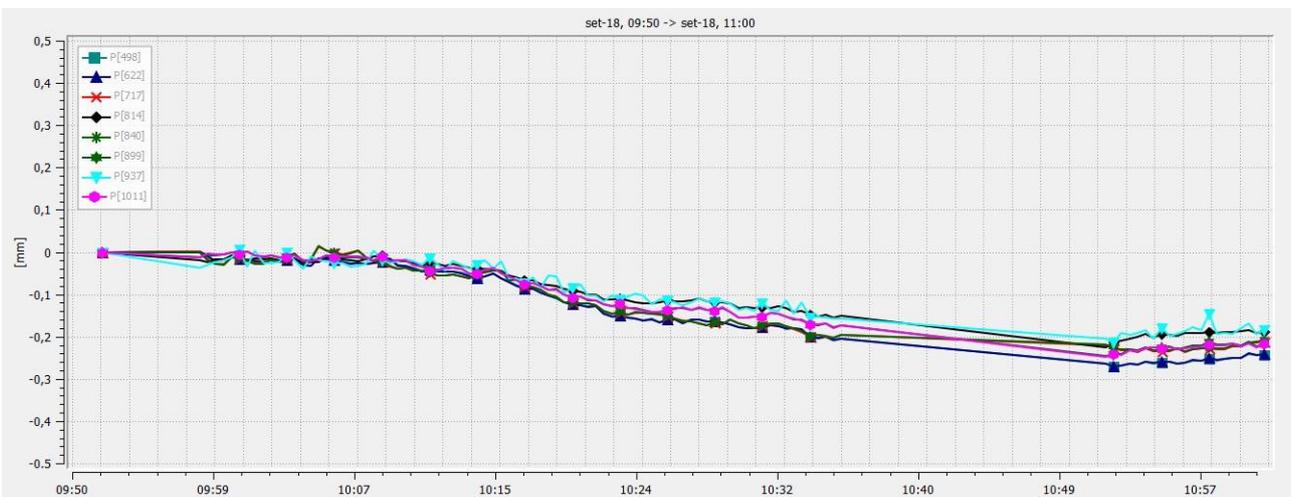


Abbildung 2-22: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [9.50-11.00]

Ab dem Beginn der Überwachung (9.50 Uhr) bis ca. 11.00 Uhr ist für alle Punkte am Bauwerk ein Trend nach unten zu verzeichnen (von 0 mm auf 0,2 mm), der wie gesagt auf der Ostseite auf ein Ansteigen der Temperatur zurückzuführen ist, und sich dann stabilisiert.

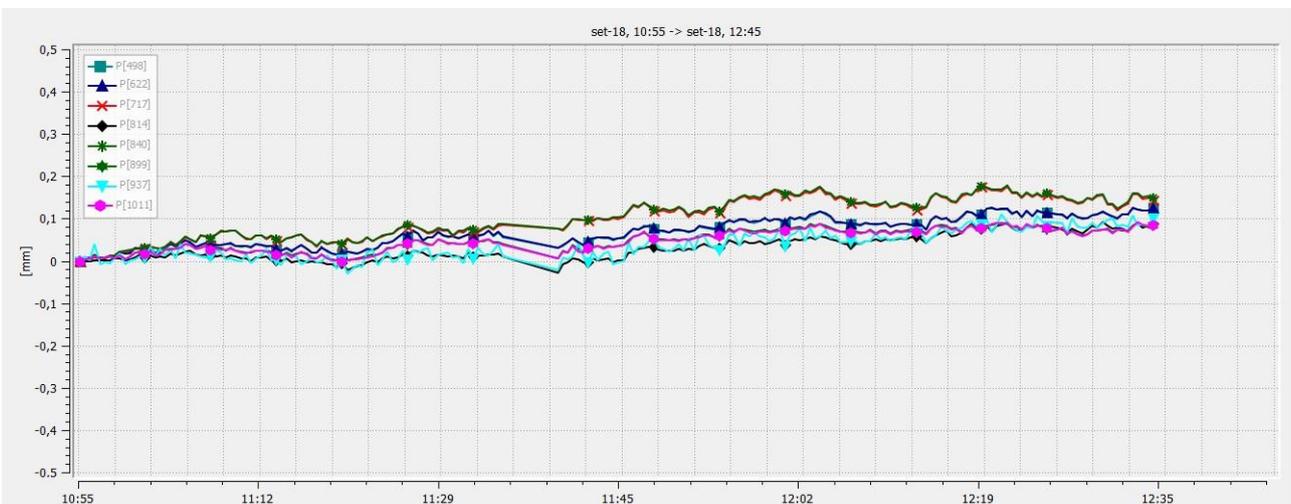


Abbildung 2-23: Bewegung-Zeit-Diagramm für die ausgewählten Punkte [10.50-12.40] (bereinigte Daten für die um 10.50 Uhr gemessenen Punkte)

Von 11.00 bis zum Ende der Überwachung (12.40 Uhr) wird hingegen ein Trend in

Wie festgestellt werden kann, folgen alle Gebäudepunkte dem gleichen Verlauf, deshalb ist anzunehmen, dass diese Sprünge nicht auf die Injektionen zurückzuführen sind, sondern auf Veränderungen an der Stützkonstruktion des Radars. Ein möglicher Grund könnte sein, dass eines der Standbeine des Stativs oder der Teleskoparm, auf dem die PTU ruht, ein wenig nachgegeben hat (0,1 mm in eineinhalb Stunden).

Wären die Harzinjektionen der Grund, wären die registrierten Verschiebungen in den einzelnen überwachten Zonen mehr oder weniger unterschiedlich.

3| SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Expansionsharzinjektionen im Fundament und im Untergrund unterhalb der Ost- und Westfassade haben keine relevanten Bewegungen verursacht.

Lediglich in Zone 4 an der Westmauer wurde im Anschluss an die Harzinjektion in das Fundament ein Anstieg (0,2 mm) verzeichnet.

Alle anderen vom Radar registrierten Bewegungen (0,1 – 0,2 mm) sind auf Faktoren zurückzuführen, die einen Einfluss auf die Stützkonstruktion des Radars haben (Temperatur, geringfügiges Nachsinken etc.) und betreffen nicht die Fassade.

Die Sondierungen mit dem Penetrometer vor und nach den Injektionen bestätigen den Anstieg der Tragfähigkeit des Untergrunds.

ANHANG A | FUNKTIONSWEISE DES HYDRA BODENRADAR-GERÄTS UND DER SOFTWARE SURFSCAN

Montage und Bestandteile des Hydra Bodenradar-Geräts

1. Stativ:

an der Spitze des Stativs befindet sich eine Dosenlibelle. Mithilfe der ausziehbaren Beine kann das Stativ nivelliert werden. Außerdem befindet sich auf dem Stativ ein Teleskoparm (der über einen seitlichen Hebel angehoben oder abgesenkt werden kann), auf dem der Schwenkneigekopf (PTU) positioniert wird.



2. Schwenkneigekopf (PTU):

Er ist an der Basis des Teleskoparms des Stativs befestigt. Am Sockel wird die Kamera positioniert, während das Radar am äußersten Punkt des Arms angebracht wird. Zweck des PTU ist es, eine Bewegung von rechts nach links (schwenken) und von unten nach oben (neigen) durchzuführen, damit das Radar den gesamten Schauplatz erfassen und überwachen kann.



3. Kamera und Radar:

Die Kamera macht ein Foto vom Schauplatz, Funktion des Radars ist die Erfassung und Überwachung. Diese Elemente, einschließlich des PTU, sind mit dem Zentralrechner verbunden. Stativ, Schwenkneigekopf, Kamera und Radar bilden das Kamera-Radar-System (Datenerfassungseinheit).

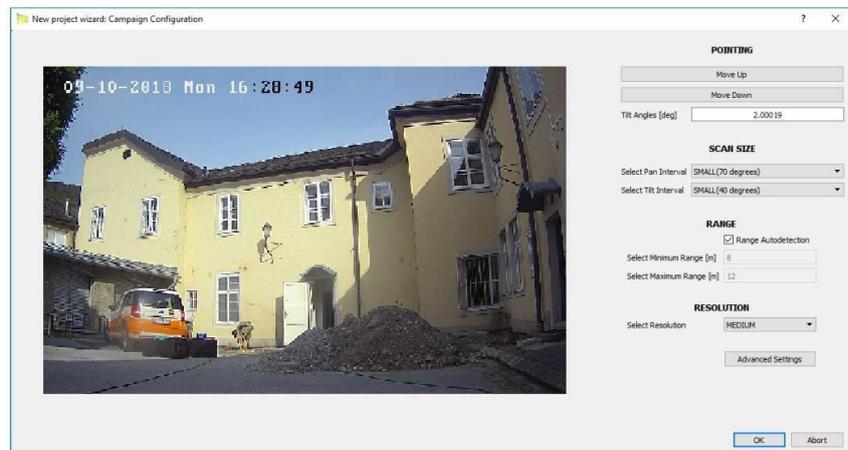


- Hydra Bodenradar:** Das Kamera-Radar-System ist mit dem Zentralrechner verbunden, in dem die Software (SurfScan) für die Aufzeichnung und Verarbeitung der gewonnenen Daten installiert ist. Es ist mit einer eigenen Batterie ausgestattet, die während des Betriebs (Überwachung) eine Autonomie von etwa 1 Stunde hat. Der Zentralrechner wird im WLAN-Modus mithilfe eines Tablets gesteuert. Das ganze System kann in weniger als 10 Minuten problemlos auf- und abgebaut werden.



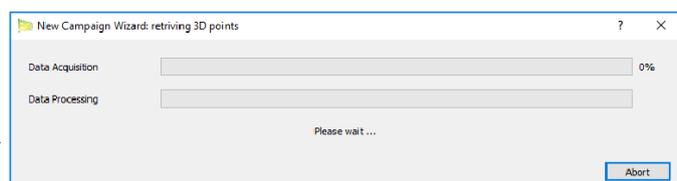
Datenerfassung, Überwachung und Funktionsweise der Software SurfScan

- Initiale Schnittstelle:** Auf dem Tablet erscheint der in der Abbildung dargestellte Bildschirm. Links wird das von der Kamera erfasste Bild angezeigt, rechts die Parameter-Einstellungen für die Phase der Datenerfassung. Nach Einstellung der Parameter beginnt die Datenerfassung.



Pointing: Der Winkel, mit dem das Radar und die Kamera den Standort überwachen, wird eingestellt. **Scan Size:** Einstellung der Schwenk- und Neigungswinkel (Weite des zu überwachenden Ausschnitts). **Range:** Abstand der Punkte, die auf der Basis ihres Abstands zum Gerät erfasst werden sollen. **Resolution:** Auflösung, mit der die Punktwolke angezeigt wird (je höher die Auflösung, desto mehr Zeit ist für die Datenerfassung erforderlich).

- Datenerfassung:** Während dieser Phase führt das Gerät eine erste Erfassung des Standorts durch. Ziel

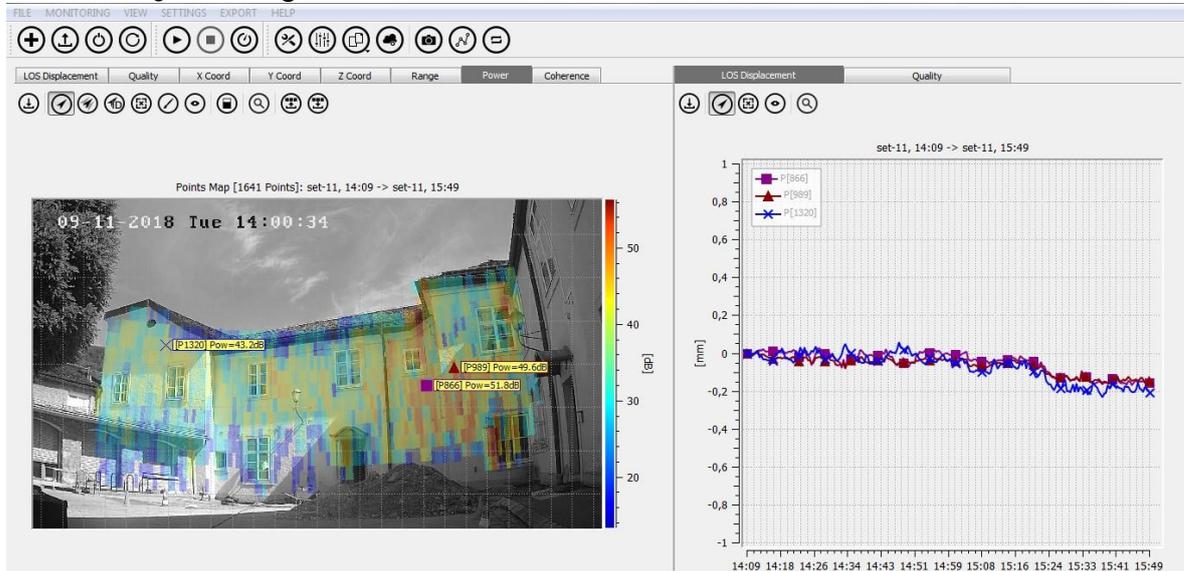


Uretek Italia S.p.A.

ist die möglichst genaue
Erfassung der Ausgangsposition
der Punkte (Nullpunkt
einstellen).

Überwachung mithilfe des Hydra Bodenradar-Geräts

- 3. Punktwolke und Überwachung:** Nach der Datenerfassung zeigt das Programm eine Fotografie des Schauplatzes mit der darübergeschobenen vom Radar ermittelten Punktwolke an. Alle im Innern der Punktwolke vorhandenen Punkte werden vom Radar überwacht, sobald die Schaltfläche *Play* angeklickt wird. Die Überwachung kann jederzeit mithilfe von *Stop* unterbrochen werden. Wenn man eine beliebige Reihe von Punkten in der Wolke anklickt, erscheint rechts der Verlauf besagter Punkte in einem *Verschiebung-Zeit-Diagramm*.



Vorteile

- ✓ **Genauigkeit im Sub-Millimeterbereich:** Bewegungen werden mit einer Genauigkeit von Zehntelmillimetern registriert.
- ✓ **Nicht-invasive Technologie:** Am Ort der Überwachung müssen keine Erfassungspunkte oder -sensoren installiert werden.
- ✓ **Schnelle Datenerfassung:** Die Bewegungen werden an allen am Standort vorhandenen Punkten in Echtzeit im Abstand von 26 Sekunden erfasst.
- ✓ **Kompakte, tragbare Technologie:** Die Geräte können leicht von einem Ort an einen anderen transportiert und von einer einzigen Person installiert werden.
- ✓ **Kritische Wetterbedingungen:** Der Betrieb kann bei Temperaturen von -20°C bis $+55^{\circ}$ sowie bei Nebel oder leichtem Regen aufrechterhalten werden.