



## Kompensationsinjektionen



### **Implenia Spezialtiefbau GmbH**

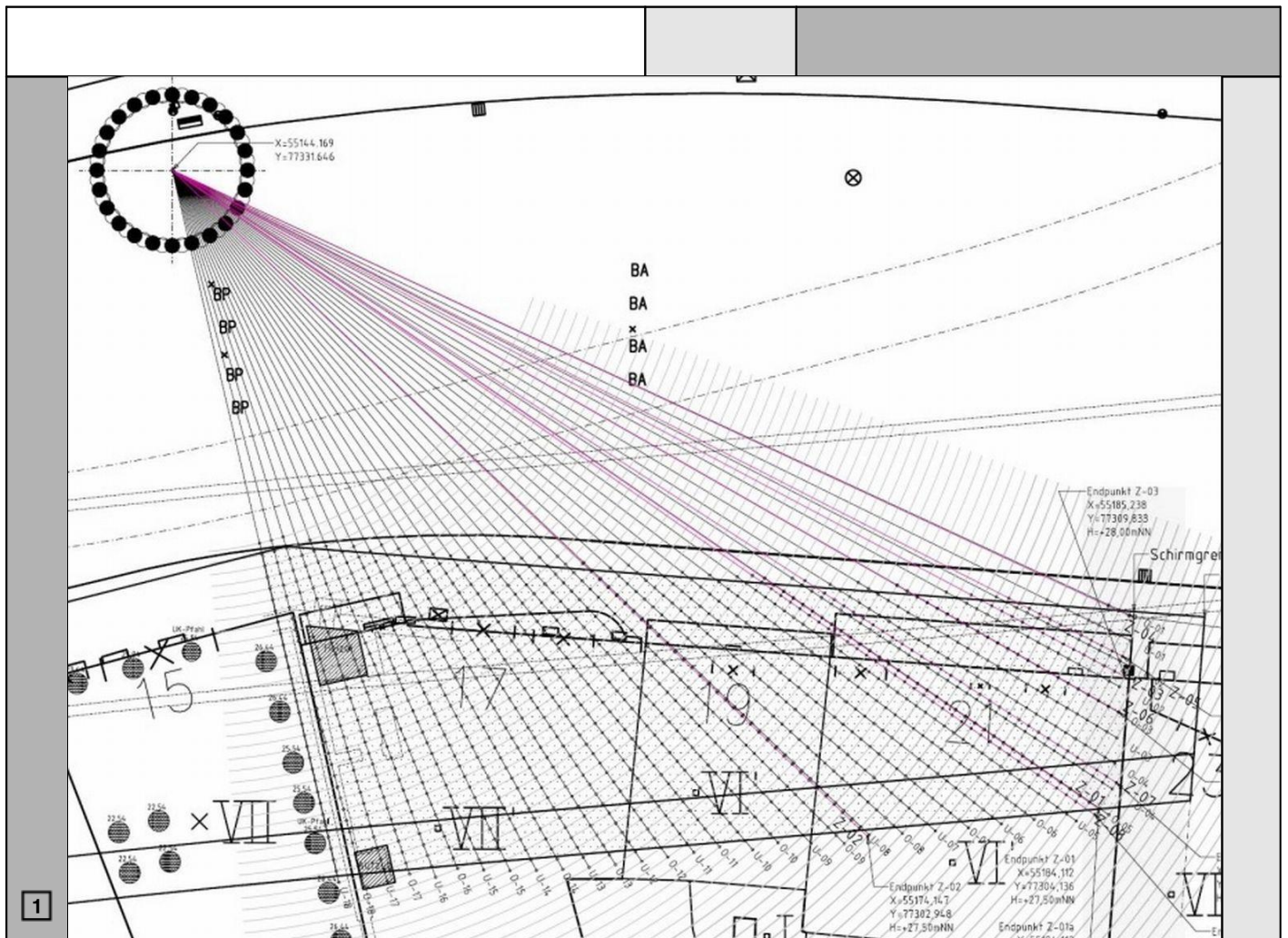
Robert-Bosch-Straße 25  
63225 Langen

Tel.: +49 69 988 345

Fax: +49 69 988 277

E-Mail: [info.spezialtiefbau@implenia.com](mailto:info.spezialtiefbau@implenia.com)

[www.spezialtiefbau.implenia.com](http://www.spezialtiefbau.implenia.com)



1

## Einführung

In den letzten Jahren wurde im Spezialtiefbau die Technik von Kompensationsinjektionen weiterentwickelt, die es ermöglicht, Setzungen aus Bautätigkeiten auf ein für die betroffenen Gebäude unschädliches Maß zu reduzieren.

Jeder Bodeneingriff, gleich ob Tunnelvortrieb, Ankerbohrung, Pfahlherstellung oder Baugrubenaushub, geht mit einer Veränderung des Spannungszustandes im Boden einher. In der Regel äußert sich dieses als Oberflächen- oder Gebäudesetzung.

Ob diese Setzungen problematisch sind, hängt weniger vom Betrag der Setzung ab, als vielmehr von der Steilheit der Setzungsmulde und der Lage des Gebäudes relativ zur Setzungsmulde. Weiterhin spielt die Art der Konstruktion und die Bausubstanz eine wichtige Rolle.

Zumeist sind über die Grundfläche gleichmäßige Setzungen irrelevant. Probleme können in diesem Fall ausschließlich durch Beschädigung von Ver- und Entsorgungsleitungen entstehen.

Steht das Gebäude am Rand der Setzungsmulde oder ragt es in diese hinein, erfährt es entweder Schiefstellungen oder Verdrehungen. Die daraus resultierenden Schäden reichen vom harmlosen aber teuren Fliesen- oder Stuckschaden über geborstene Wasser- oder Gasleitungen oder durchgehende Wandrisse bis hin zum Herabfallen von Treppenläufen.

Die Kompensationsinjektion, die wir 2005 in unser Repertoire aufgenommen und seitdem ständig weiterentwickelt haben, bietet die Möglichkeit, diese Schäden weitgehend zu vermeiden.

1

Kompensationsschacht und Injektionsschirm unter Gebäude-Planung



### Grundprinzip der Kompensationsinjektion ("KI")

Bei der klassischen Bodeninjektion soll das Korngerüst des Bodens unverändert bleiben und nur vom Injektionsgut durchsetzt werden, das anschließend in den Porenräumen erhärtet. Dabei kommt es gelegentlich ungewollt zum Aufreißen des Bodengefüges und in der Folge zu Hebungen an der Geländeoberfläche.

Dieser Effekt wird für die Kompensationsinjektion genutzt.

Vor Beginn der Kompensationsinjektion werden die zu sichernden Gebäude mit einem kontinuierlich registrierenden Höhenmeßsystem ausgestattet, das deren Höhenlage mit einer Genauigkeit von 0,2 mm kontinuierlich überwacht.

Ferner werden vorab aus zu erstellenden Baugruben oder Injektionsschächten flächenhaft Manschettenrohre unter den zu sichernden Gebäuden eingebaut. Die Manschettenrohre haben im Abstand von 0,5 m Ventile, durch die der Boden bei Bedarf zielgenau injiziert werden kann.

Zwei große Vorzüge der KI fallen sofort ins Auge:

1. Die lärm- und schmutzintensiven Arbeiten finden abseits der zu schützenden Gebäude im Injektionsschacht statt. Im Gegensatz beispielsweise zur konventionellen DSV-Unterfangung gibt es während der Ausführung keine Nutzungseinschränkungen.
2. Die KI ermöglicht eine flexible Reaktion auf die tatsächlich eintretenden Setzungen der Bauwerke. Insbesondere bei filigranen oder vorgeschädigten Gebäuden kann schnell und zielgenau reagiert werden.

1 Kompensationsschacht am Straßenrand



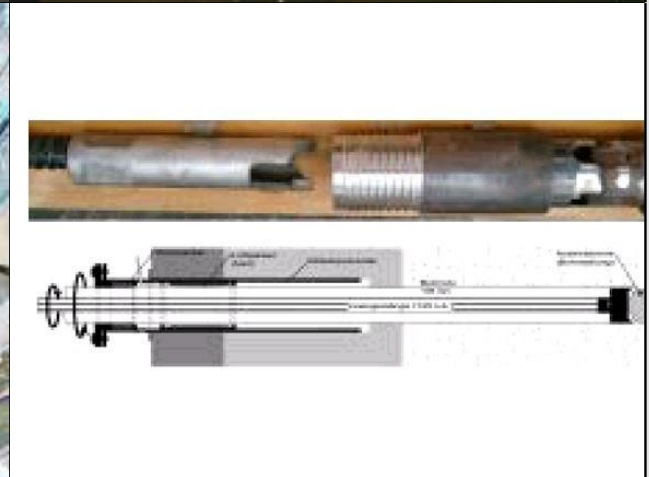
1



2



3



4

## Elemente des Verfahrens

### Kompensationsschacht

Im ersten Schritt werden ein oder mehrere Kompensationsschächte oder die Baugrube hergestellt. Im innerstädtischen Raum überwiegt die Herstellung von runden Schächten mit möglichst geringem Außendurchmesser. Je nach örtlichen Platzverhältnissen beträgt der lichte Schachtdurchmesser passend zum Schachtbohrgerät 5,5 m bis 8,5 m.

Die Tiefe der Schachtsohle orientiert sich an der Tiefenlage des auszuführenden Injektionsschirmes. Häufig liegt ein Teil des Schachtes und die Schachtsohle im Grundwasser - dann muß der Verbau wasserundurchlässig sein (überschnittene Bohrpfahlwand, Schlitzwand) und eine dichtende Sohle (Injektionssohle oder Unterwasserbetonsohle) existieren.

### Bohrungen

Zur Herstellung der teilweise über 50 m langen Bohrungen aus dem Kompensationsschacht heraus stehen uns eigens entwickelte Schachtbohrgeräte zur Verfügung. Sie sind flexibel auf Schachtdurchmesser von 8,5 m bis 5,5 m anpaßbar und können die gesamte Schachtwandung in mehreren Meter Höhe erreichen.

Die Bohrungen erfolgen drehschlagend im Doppelkopfbohrverfahren mit verloraener ausklinkbarer Krone. Eine spezielle Preventertechnik erlaubt das Bohren gegen drückendes Wasser und verhindert unerwünschten Bodenentzug. An die Zielgenauigkeit der Bohrungen werden hohe Ansprüche gestellt, sie werden jeweils nach Herstellung dreidimensional vermessen.

1 Bohrschablone KI-Schacht

2 Schachtbohrgerät

3 Schachtbohrgerät

4 Doppelkopfbohrverfahren



1



2



3



4

### Ausbau der Bohrungen

In die Bohrungen werden speziell verstärkte Manschettenrohre eingebaut, die es ermöglichen, mehrfach und zielgenau Bodeninjektionen vorzunehmen. Anschließend wird das Bohrrohr schrittweise gezogen und der entstehende Ringspalt zwischen Manschettenrohr und Boden mit einem Spezialbindemittel verpreßt.

### Injektionsanlage für Manschettenrohrinjektion

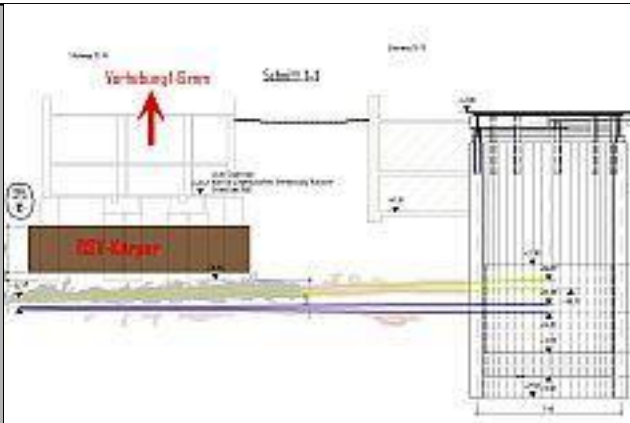
Kernstück der Anlage, die nach Abschluss der Bohrarbeiten zum Einsatz kommt, ist ein vollständig rechnergesteuerter Pumpen-Container mit eingebautem Automatismischer. Alle Funktionen können von einem einzigen Bediener überwacht und gesteuert werden, dazu steht eine Konsole mit Touch-Screen und übersichtlichen Prozessschaltbildern zur Verfügung. Der Steuerrechner ist über Netzwerk mit der Messwarte verbunden. Von hier kommen die Verpressanweisungen, die Ist-Daten der Injektionen werden zurückgegeben. Vom Mischer kommend, passiert das Injektionsgut die Injektionspumpen und gelangt über die Injektionsleitung zum Packer und schließlich durch die Manschetten (Rückschlagventile) in den Boden. Je ein Injektionsschlauch ist mit der Expansionsleitung und einem Stahlseil zu einem sogenannten Packergeschirr gebündelt und auf einer Trommel aufgewickelt. Die Trommeln sind elektrisch angetrieben und mit einer Wasser-Hochdruckpumpe für die Packerexpansion ausgestattet. Über Fernbedienungen kann das Injektionspersonal im Schacht das Auf- bzw. Abwickeln der Packergeschirre steuern und den Packer schließlich an der vom Injektionscontainer über Funk übermittelten Stelle expandieren.

1 Messwarte

2 Pumpen-Container

3 Trommel mit Packergeschirr

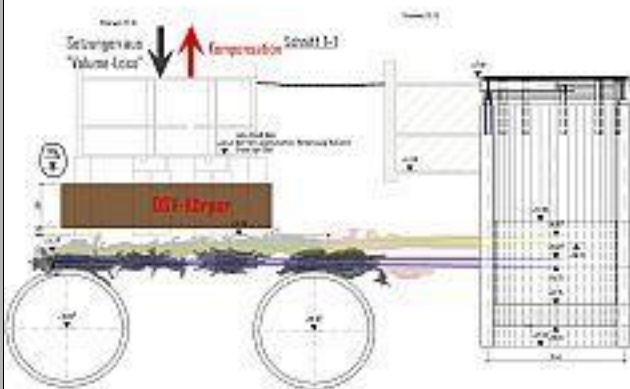
4 Kompensationsschacht



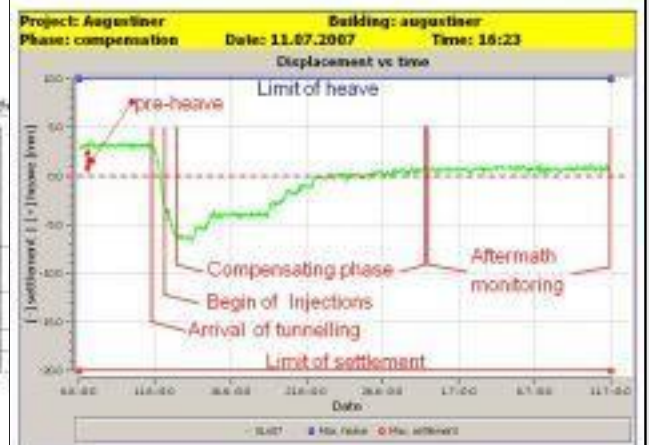
1



2



3



4

### Ablauf der Kompensationsinjektion

Die Kontaktinjektion gliedert sich in mehrere Teilschritte.

In einem ersten, „Grundinjektion“ genannten, Schritt wird bei nichtbindigem Baugrund die gesamte Schirmfläche der Manschettenrohrlage gleichmäßig injiziert. Ziel dieser hebungsfreien Injektion ist die Verfüllung der bestehenden Porenräume und Wegigkeiten zur Erhöhung des Wirkungsgrades während der eigentlichen Kompensation.

Je nach den örtlichen Gegebenheiten des Baugrundes und der Auflast geht die Grundinjektion bereits in die Vorhebungsinjektion über. Bei der "Vor-Hebung" werden die beim Bohren entstandenen Setzungen rückgestellt und Hebungen aufgebracht, die bis zu 60% der vorausgerechneten Setzungen betragen können.

Die eigentliche Kompensationsinjektion findet während und nach dem setzungsverursachenden Bodeneingriff statt. Hierbei wird gezielt dort injiziert, wo das Messsystem im Gebäude Setzungsüberschreitungen vorgegebener Grenzwerte gemeldet hat. Hierdurch werden Setzungen gemindert bzw. zurückgestellt.

### Steuerungsprogramm

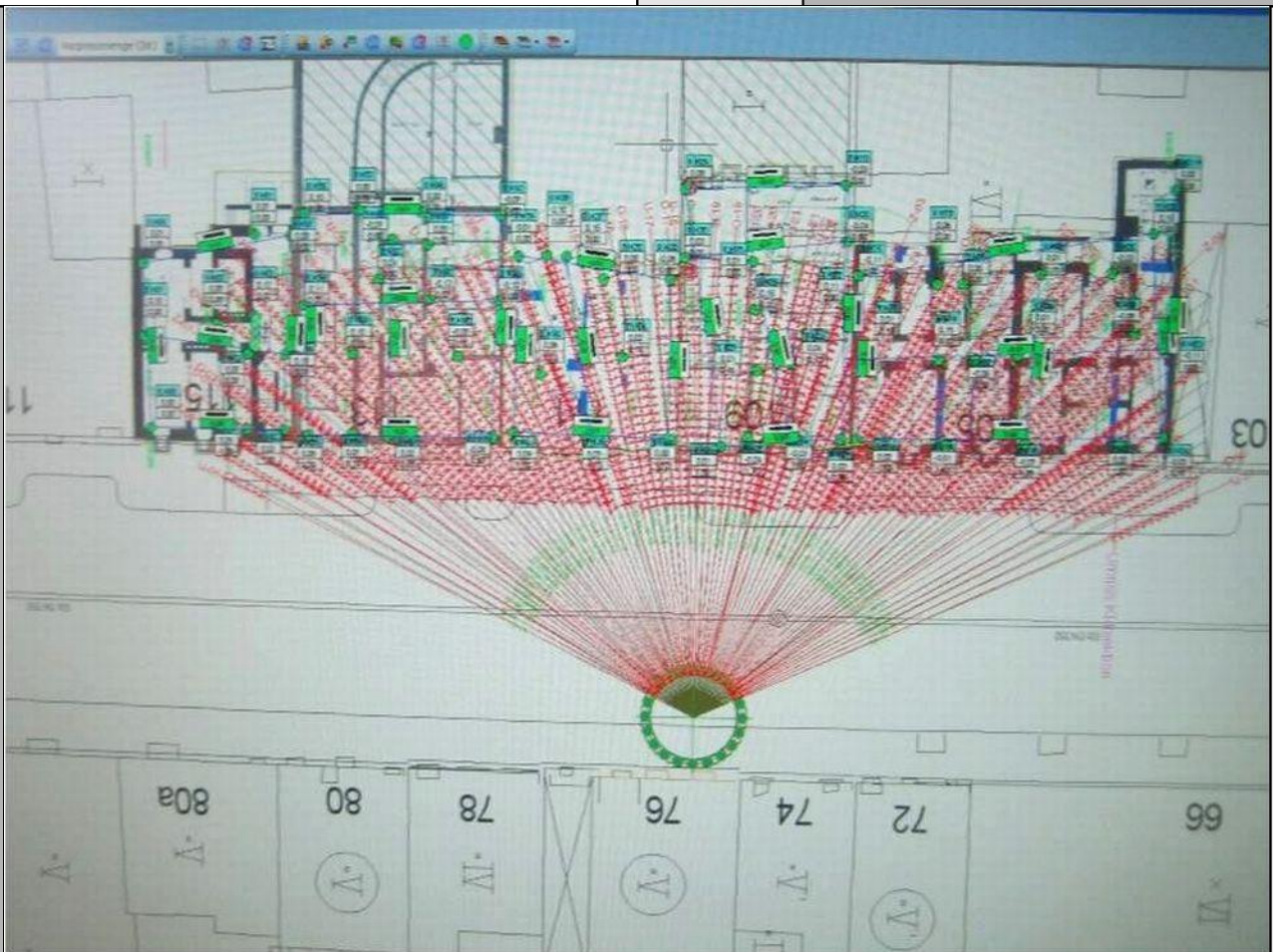
Um die Injektionen schnell und effektiv planen und ausführen zu können, muss man schnell Übersicht über die bisher getätigten Injektionen und deren Hebungserfolg gewinnen können. Sehr wichtig ist dabei die Zuordnung zur Gebäudestruktur und der daraus resultierenden Belastung des Baugrundes. Deshalb werden alle im Laufe des Verfahrens gesammelten Informationen in ein CAD-basiertes Datenverwaltungsprogramm eingelesen, das die entsprechenden Auswertungen zügig und aussagekräftig darstellt.

1 Vorhebung

2 elektronische Schlauchwaage im Keller

3 Rückstellung der Setzung durch Kompensationsinjektionen

4 KI-Verlauf



Wir verwenden dazu die Software „GroutControl“ aus dem Hause Getec, die wir um wichtige Module ergänzt haben. Das Programm wird für die folgenden Aufgaben verwendet:

- Vorbereitung von Injektionen (Bereitstellung von Soll-Daten)
- Visualisierung von Mess- und Injektionsdaten (Auswertung der Ist-Daten)
- Berichtswesen und Leistungsnachweis (Dokumentation)
- Archivierung der Mess- und Injektionsdaten in der internen Datenbank

#### Referenzprojekte

##### **Nord-Süd Stadtbahn Köln, Baulos Süd (2005 - 2008) :**

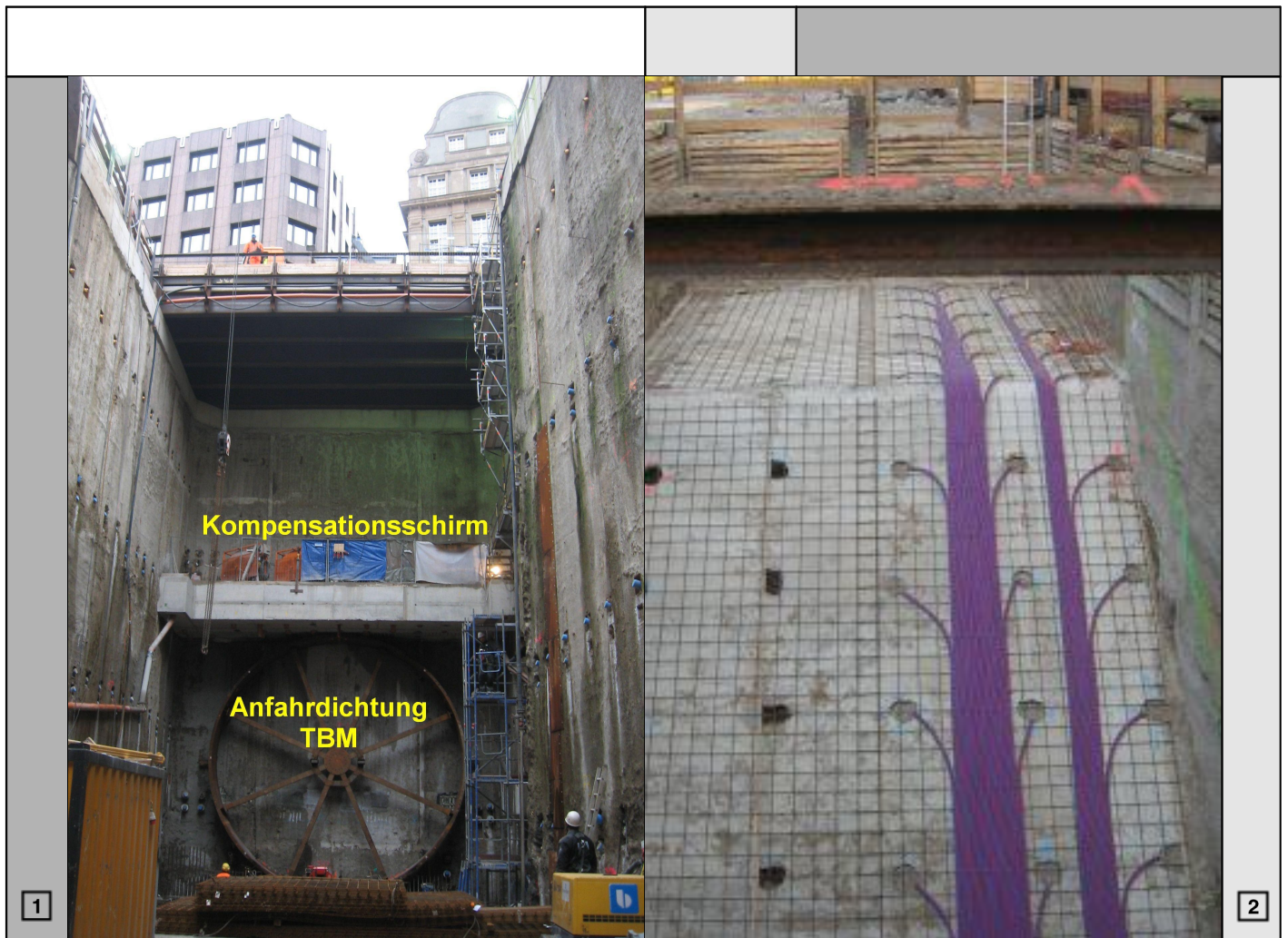
- 48 zu sichernde Gebäude,
- ca. 14,5 km Manschettenrohr
- Gesamtverpreßmenge von ca. 3200 m<sup>3</sup>.

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag in der Altstadt, geprägt durch sehr wechselhafte Bodenverhältnisse mit starken anthropogenen Faktoren und eine sehr gemischte Bausubstanz von römischer Zeit bis heute.

##### **Stadtbahnstrecke Wehrhahn-Linie Düsseldorf, Los 1 (2007 - 2013)**

- 4 Schächten und 2 Baugruben,
- 28 zu sichernde Gebäude,
- ca. 17,5 km Manschettenrohr
- ca. 800 m<sup>3</sup> Injektionsgut.

**1** Kompensationsschacht und Injektionsschirm unter Gebäude - Darstellung GroutControl



Bei dem Bauvorhaben Wehrhahn-Linie Düsseldorf gab es auch Kompensationsinjektionen anderer Art:

Unter 4 Bauteilen mit zusammen ca. 780 m<sup>2</sup> Grundfläche , die vor der Schilddurchfahrt hergestellt werden mußten, wurden Kompensationssohlen, bestückt mit 782 Stück Ventilen, hergestellt. Da aus geometrischen Gründen nicht mit Manschettenrohren gearbeitet werden konnte, kamen mehrfach injizierbare Einzelverpreßlanzen zum Einsatz. Auch hier konnten gezielte Hebungsinjektionen in Abhängigkeit der gemessenen Bauwerksbewegungen durchgeführt werden. Dieses erstmals auf der Wehrhahn-Linie praktizierte Verfahren wurde ebenfalls mit Erfolg abgeschlossen.

1 Startschacht an der Königsallee

2 Kompensationssohle mit Einzelverpreßlanzen