



NEUES FACHBUCH Seite **2**

Leitfaden zur Projektierung von Baugrundverbesserungsmaßnahmen durch URETEK-Kunstharz



AUTOBAHN N6, KIESEN-THUN:
4800 m² Fahrbahnplatten im Fugenbereich stabilisiert

Seite **8**



UHREN-MANUFAKTUR, LE LIEU:
Grosse Hohlräume unter Hallenboden verfüllt und Boden angehoben

Seite **10**

Fachwissen

Leitfaden zur Projektierung von Baugrundverbesserungsmassnahmen durch URETEK-Kunstharz



zu beziehen via E-Mail an uretek@uretek.ch

Der Leitfaden zur Projektierung von Baugrundverbesserungen durch Injektionen von expandierendem Polyurethanharz (PUR) wurde von der italienischen in die deutsche Sprache übersetzt (er existiert in auch französischer Sprache). Das Hauptziel des Buches ist, den Planern von Baugrundverbesserung mit der URETEK-Methode eine Grundlage sowie eine Anleitung in die Hand zu geben, wie diese selbständig eine Vordimensionierung einer solchen Massnahme durchführen können.

Arbeitsablauf

Im Leitfaden werden eingangs die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von PUR sowie die allgemeinen Anwendungsbereiche beschrieben. Die geotechnischen Einsatzgebiete und

Der Leitfaden zur Projektierung von Baugrundverbesserungen durch Injektionen von expandierendem Polyurethanharz soll Bauingenieuren, Architekten, Baufachleuten, Geologen und Geotechnikern eine Anleitung für die Planung und Ausführung bieten. Mit dem Leitfaden kann einerseits in der Vorprojektphase abgeschätzt werden, ob die URETEK-Methode zum Einsatz kommen könnte, und andererseits können die Vorgänge im Boden aufgrund einer Polyurethanharz-Injektion besser verstanden werden.

Anwendungsmöglichkeiten der URETEK-Methode sind vielfältig. Um Injektionen in einer gewissen Tiefe auszuführen, wird der PUR im flüssigen Zustand durch Injektionsrohre, die durch vorgängig gebohrte Löcher mit einem Durchmesser von maximal 30 mm eingebracht werden, in den zu konsolidierenden Boden injiziert. Das PUR-Injektionsgut dehnt sich danach stark aus und wirkt dadurch verdichtend auf den umliegenden Boden, wodurch eine Tragfähigkeitssteigerung

erreicht wird. In granularen Böden (Sanden und Kiesen) durchdringt die PUR-Injektion die Porenräume und ein monolithisches Konglomerat mit erhöhten mechanischen Eigenschaften entsteht (Abbildung 1), währenddem in bindigen Böden (Tonen und Silten) die Porenräume nicht durchdrungen werden, sondern ein engmaschiges sowie lamellenförmiges Netz – ähnlich dem Wurzelgebilde einer Pflanze – gebildet wird (Abbildung 2).

Abbildung 1



Abbildung 2



Anwendungsmöglichkeiten

Eine Anwendungsmöglichkeit für tief liegende Injektionen im Boden ist beispielsweise die Traglasterrhöhung oder Baugrundverbesserung von bestehenden Infrastrukturen, die durch eine höhere Ausnutzungsziffer aufgestockt oder in eine andere Nutzung überführt werden. Eine weitere Anwendung ist die Erhaltung von Gebäuden mit Setzungsschäden. Durch die PUR-Injektion in den Boden in gewissen Tiefen kann eine Stabilisierung oder das Ausgleichen von differenziellen Setzungen durch eine Anhebung der Foundation erreicht werden (Abbildung 3). Das Stabilisieren oder Anheben von Gebäuden durch Injektionen mit PUR kann eine kostengünstige Alternative zu konventionellen Unterfangungen darstellen.

Für oberflächennahe Injektionen in den Boden sind das Vorgehen und die Wirkungsweise ähnlich. Die Anwendungsmöglichkeiten können jedoch noch beträchtlich erweitert werden. Beispielsweise sind Strassensanierungen durch eine Stabilisierung oder das Anheben von Strassenfundamentalschichten (Kofferungen) inkl. der Deckschicht möglich. Weitere Einsätze von PUR-Injektionen in den Boden sind die Stabilisierung von Brückenwiderlagern sowie Stützmauern. Des Weiteren kann durch die PUR-Injektionen in schwind- und quellfähigen Böden (Tonen) die hydraulische Durchlässigkeit reduziert werden. Dies führt zu geringeren differenziellen Verformungen und somit zu weniger Risschäden an bestehenden Infrastrukturen oder Gebäuden.

Vorteile

Die Vorteile der URETEK-Methode gegenüber konventionellen Massnahmen der Baugrund-Verbesserung oder Unterfangung von Gebäuden sind die kurze Bauzeit und der minimale bauliche Eingriff. Um die Injektionslanzen einzuführen, werden Löcher mit einem Durchmesser von maximal 30 mm durch die Foundation gebohrt. Diese sind auch im Gebäudeinnern ausführbar und wenig invasiv. So sind in den meisten Fällen lediglich geringe Aushubarbeiten notwendig, um z.B. aufgrund einer Haushebung die Werkleitungsanschlüsse in

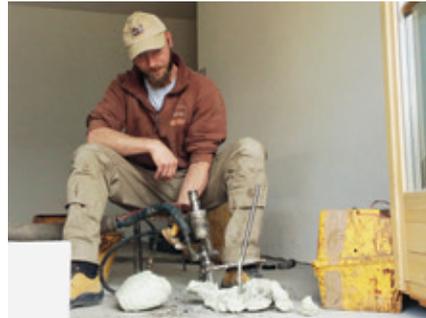


Abbildung 3

das Kellergeschoss anzupassen oder die unterstützenden Flachpressen zu montieren (Abbildung 4). Die einfache Behebung von differenziellen Setzungen, die ebenfalls unter Kellerinnenwänden oder in der Mitte der Fundamentplatte durchgeführt werden können, sind weitere Vorteile. Dieselbe Schadensbehebung gestaltet sich mit einer klassischen Mikropfahl-Unterfangung bedeutend aufwändiger. Durch die expandierenden PUR-Injektionen kann neben der Tragfestigkeitserhöhung des Bodens auch eine Durchlässigkeitsverminderung erreicht werden. Aufgrund dieser vielen Vorteile ist die URETEK-Methode eine attraktive Alternative für Baugrundverbesserungen oder Gebäudeanhebungen.

Risstheorie

Im Leitfaden sind einige oben genannten vielfältigen Anwendungsbereiche in den weiteren Kapiteln durch theoretische und numerische Modelle untermauert (Abbildung 5). Insbesondere die Randbedingungen der Risstheorie, die zur Anwendung kommt für Haushebungen, wird ausführlich beschrieben. In den meisten Fällen sind die anzuhebenden Gebäude in sogenannten normalkonsolidierten Baugrundverhältnissen mit

Abbildung 5

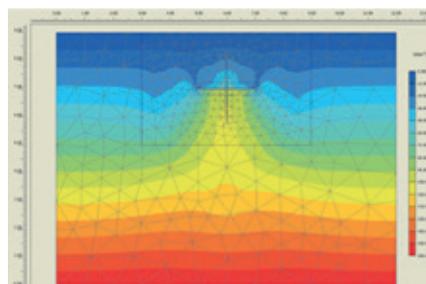


Abbildung 4

einem Erdruhedruckkoeffizient $K_0 < 1.0$ ($K_0 = \text{Horizontalspannung/Vertikalspannung}$) fundiert. Unter diesen Bedingungen erzeugt eine erste Serie von Harzinjektionen in einer bestimmten Tiefe eine Rissbildung in vertikaler Richtung. Die Harzexpansion führt zur Erhöhung der Horizontalspannungen in der Umgebung des injizierten Bodens, so dass durch eine zweite Injektionsserie eine Rissbildung in der horizontalen Ebene ausgelöst werden kann. Diese Rissbildung bewirkt somit ein Anheben der Gebäudefundation.

Am Ende des Leitfadens werden numerische Beispiele von Injektionen von expandierendem PUR in grob- wie auch in feinkörnigen Böden aufgezeigt.

Qualitätssicherung des Leitfadens

Das «Kompetenzzentrum für Kunststoffe im Bauwesen (KIB)» der HSR Hochschule für Technik Rapperswil wurde von der URETEK Schweiz AG beauftragt, die Qualitätssicherung der Übersetzung des auf Italienisch vorliegenden Leitfadens ins Deutsche durchzuführen. Parallel dazu besteht bereits seit einiger Zeit eine aktive Zusammenarbeit in der angewandten Forschung und Entwicklung aF&E. Weitere Informationen zum KIB sind unter www.kib.hsr.ch zu finden.

Christian Bommer, MSc Bauingenieur, Geschäftsführer KIB

KIB KOMPETENZZENTRUM
KUNSTSTOFFE IM BAUWESEN

HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

Ein Berechnungs-Beispiel:

Ausgangslage

Ein rund 40-jähriges Chalet in Grindelwald wurde aufgrund von differentiellen Setzungen mithilfe von Injektionen von expandierendem Kunstharz angehoben. Vor dem Eingriff traten verstärkte Bewegungen am Haus auf. Eine Untersuchung der Hangstabilität kam zum Schluss, dass sich das Gebäude im Bereich einer aktiven Rutschung befindet. Die Rutschmasse bewegt sich etwa 50 bis 100 mm pro Jahr. Die differentiellen Setzungen konnten auf die ungleichmässigen Hangbewegungen zurückgeführt werden. Neben der Hebung des Bauwerks verbesserten die Injektionen auch die Bodeneigenschaften. Die Tragfähigkeit des Baugrundes wurde erhöht und die Setzungsempfindlichkeit verringert. Die Überprüfung der Verbesserung erfolgte mittels Rammsondierungen. Ein rechnerischer Nachweis nach Swisscode wurde nicht geführt. Deshalb wurde ein Vorschlag erarbeitet, wie für den verbesserten Baugrund der Nachweis erbracht werden kann.

Grundlagen zu expandierenden Kunstharzinjektionen

Das Kunstharz, welches für die Injektionen verwendet wird, besitzt die Fähigkeit, sich um ein Mehrfaches auszudehnen.

Durch die Expansion verdichtet sich der Boden im Injektionsbereich. Das Expansionsverhältnis (Endharz volumen V_{re} zu Anfangsharz volumen V_{ra}) beschreibt die Ausdehnung des Kunstharzes. Es ist vom Expansionsdruck P des Harzes abhängig. Der Expansionsdruck wird mit zunehmendem Expansionsverhältnis kleiner. Die Abhängigkeit kann durch eine empirische Beziehung beschrieben und grafisch als rheologische Kurve dargestellt werden.

Wie gross der erreichbare Expansionsdruck der Injektion ist, hängt von den Bodeneigenschaften und den Spannungen im Boden ab. Zur Berechnung muss die Reaktionskurve des Bodens ermittelt werden. Sie stellt den mittleren Grenzflächendruck (Druck an der Grenzfläche zwischen Injektion und Bodenmaterial) in Abhängigkeit zum Ausdehnungsverhältnis der Injektion dar. Mit zunehmender Expansion der Injektion erhöht sich der Grenzflächendruck. Wird die Reaktionskurve ins gleiche Diagramm wie die rheologische Kurve des Kunstharzes eingezeichnet, schneiden sich die beiden Kurven. Im Schnittpunkt herrscht ein Kräftegleichgewicht zwischen Grenzflächendruck und Expansionsdruck. Das Kunstharz dehnt sich

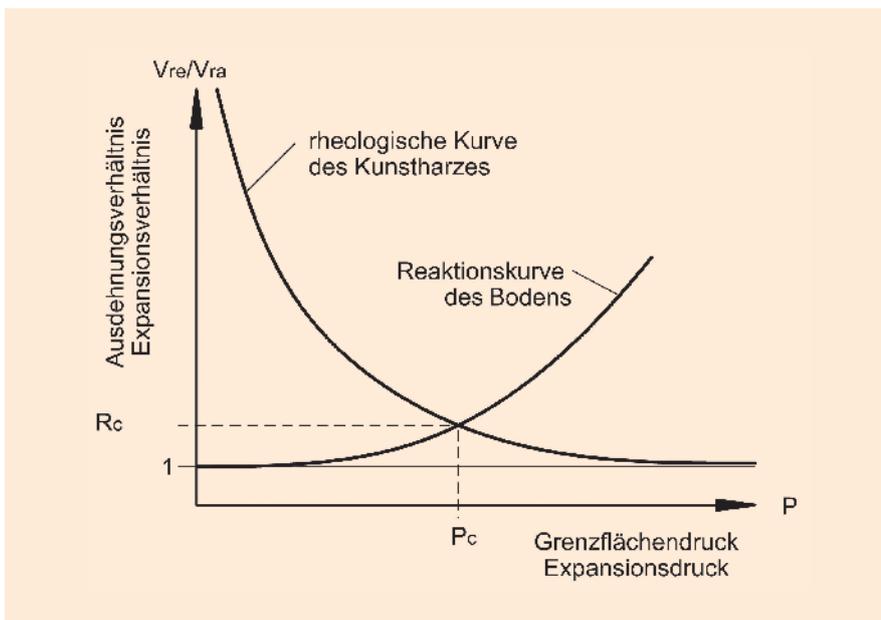
genau bis zum Erreichen dieses Gleichgewichts aus. So sind die effektive Expansion R_c und der Expansionsdruck P_c einer Injektion bestimmt.

Modellierung des betrachteten Projekts

Die Baugrundverbesserung am betrachteten Projekt wurde mithilfe eines einfachen numerischen Modells analysiert. Das zweidimensionale Modell wurde mit der Software Plaxis 2D erstellt. Es stellt einen Längsschnitt durch die 12.0 m lange Foundation dar. Der Untergrund besteht aus einer homogenen Bodenschicht von 10 m Stärke. Unterhalb der Foundation wurden kugelförmige Injektionen auf drei Ebenen (-0.50, -1.50 und -2.50 m ab OK Terrain) angesetzt. Die Injektionen sind in einem regelmässigen Raster mit 1 m Abstand zueinander angeordnet. Vereinfachend wurde eine ebene Geländeoberfläche modelliert. Die aktive Rutschung im Gebiet wurde nicht berücksichtigt.

Für jeden Injektionspunkt wurde eine Reaktionskurve erstellt. So konnten mithilfe der rheologischen Kurve des Kunstharzes das effektive Ausdehnungsverhältnis und der Expansionsdruck bestimmt werden.

Qualitatives Diagramm mit rheologischer Kurve des Kunstharzes und Reaktionskurve des Bodens



Spannungsänderungen im Boden

Vor der Injektion bestanden die Spannungen im Boden aus der Bodenüberlagerung und der Belastung durch das Gebäude. Durch die Injektionen wurden sowohl die vertikalen wie auch die horizontalen Spannungen erhöht (siehe Abbildungen rechts).

Quantifizierung der Baugrundverbesserung

Infolge der Injektionen wird der Boden überkonsolidiert. Überkonsolidierte Böden zeichnen sich dadurch aus, dass der Ruhedruckkoeffizient k_0 , das Verhältnis zwischen horizontaler Spannung σ'_h und vertikaler Spannung σ'_v , grösser ist als bei normal konsolidierten Böden. Wenn sich der Ruhedruckkoeffizient erhöht, ist der Überkonsolidierungsgrad OCR der einzige Parameter, der sich anpassen kann. Mit den bekannten Spannungen nach der Injektion und dem Reibungswinkel ϕ' des Bodens kann somit auf den Überkonsolidierungsgrad geschlossen werden.

$$k_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} = [1 - \sin(\phi')] \cdot OCR^{\sin(\phi')}$$

Formel 1: Ruhedruckkoeffizient k_0

$$OCR = \frac{\sigma'_{v,max}}{\sigma'_v} = \left[\frac{-k_0}{\sin(\phi') - 1} \right]^{\frac{1}{\sin(\phi')}} = \left[\frac{-\sigma'_h}{(\sin(\phi') - 1) \cdot \sigma'_v} \right]^{\frac{1}{\sin(\phi')}}$$

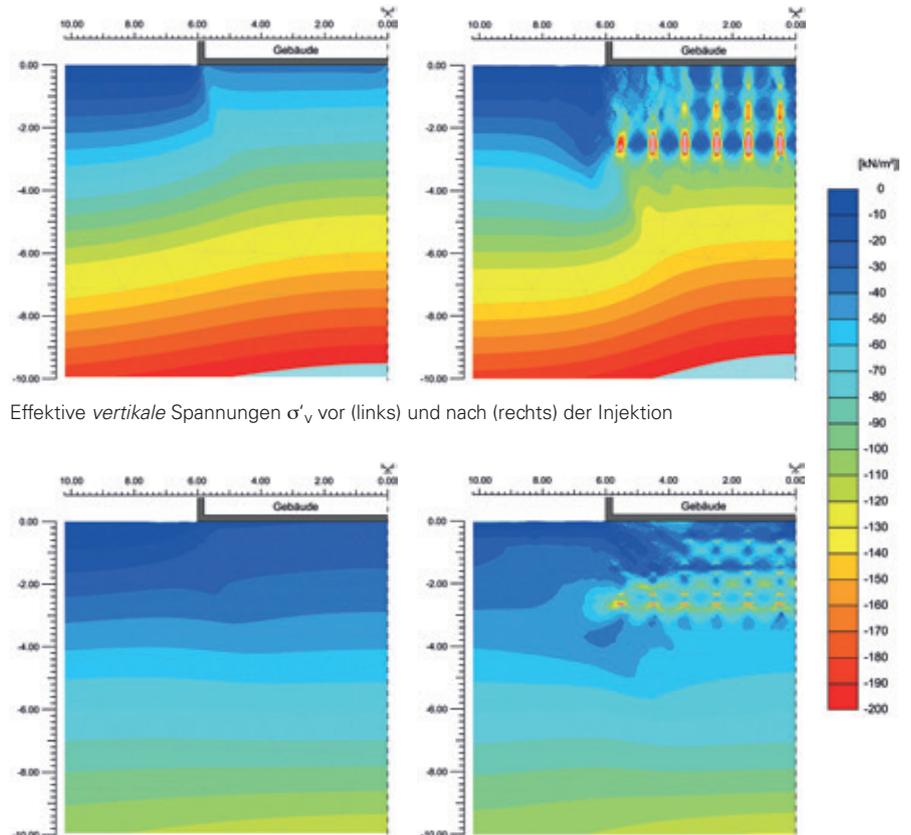
Formel 2: Überkonsolidierungsgrad OCR

Überkonsolidierte bindige Böden weisen typischerweise eine Kohäsion auf, in der die Überkonsolidierung «gespeichert» ist. Mit der Baugrundverbesserung durch expandierende Kunstharzinjektionen wird die Scherfestigkeit um diese Kohäsion erhöht. Für die Beziehung zwischen Überkonsolidierung und Kohäsion wurde eine Formel hergeleitet.

$$c' = \tan(\phi') \cdot (OCR - 1) \cdot \sigma'_v$$

Formel 3: Kohäsion c' infolge Überkonsolidierung

Nichtbindige, grobkörnige Böden besitzen in der Regel keine Kohäsion. Jedoch wird die Scherfestigkeit infolge eines grösseren Reibungswinkels ϕ'_{max} erhöht. Durch die dichte Lagerung des



Effektive vertikale Spannungen σ'_v vor (links) und nach (rechts) der Injektion

Effektive horizontale Spannungen σ'_h vor (links) und nach (rechts) der Injektion

Bodens entsteht eine Verzahnung der Körner. Dieses Verhalten wird mit dem Dilatanzwinkel ψ quantifiziert.

$$\tan(\phi'_{max}) = \tan(\phi') + \tan(\psi)$$

Formel 4: Maximaler Reibungswinkel

Neben der Scherfestigkeit vergrössert sich auch der ME-Wert. Infolge der Überkonsolidierung und der Verdichtung verhält sich der Boden nach der Injektion wie bei einer Wiederbelastung. Sind die Steigungen der Erst- und Wiederbelastungsgeraden bekannt, kann der neue ME-Wert ermittelt werden.

Beim Boden des betrachteten Projekts handelt es sich um einen feinkörnigen, bindigen Boden. So konnte die Kohäsion des Bodens unter dem Chalet bis in eine Tiefe von -3.0 m ab OK Terrain von 0 kN/m² auf 10–25 kN/m² gesteigert werden. Zudem erhöhte sich der ME-Wert von 5 000 kN/m² auf ca. 13 500 kN/m².

Infolge der verbesserten Bodeneigenschaften konnte die Tragfähigkeit des Baugrunds erheblich gesteigert werden. Schon mit zusätzlichen 10 kN/m² Kohäsion wurde eine Erhöhung der Tragsicherheit um 42 % erreicht. Liegt die Kohäsion bei 25 kN/m², ist sogar eine Verdopplung möglich. Durch den verbesserten ME-Wert wurde der Boden unempfindlicher gegenüber Setzungen. Zukünftige Setzungen infolge von Mehrbelastungen, z.B. bei einer Aufstockung, werden in der verbesserten 3.0 m mächtigen Schicht um 63 % kleiner ausfallen. Die Nachweise nach Swisscode wurden erfüllt.

Lukas Berner, BSc Bauingenieur FHO

HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Case history

Verbindungsgang auf Berg-Station stabilisiert

Eggishorn (2927 m ü. M.)



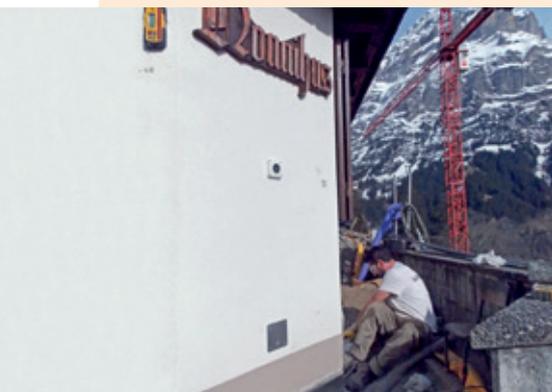
Der Verbindungsgang zwischen dem Hauptgebäude und der Anlage West hat sich im Verlauf der Zeit (vermutlich auf Grund des Permafrost-Rückgangs) um



ca. 6 cm gesetzt. Der Verbindungsgang besteht aus einer armierten Betonkonstruktion, welche aussen auf der Seite zum Gletscher mit Steinplatten verkleidet und auf der anderen Seite mit Erd-Material hinterfüllt ist. Der Untergrund besteht aus einer Aufschüttung aus Steinen mit viel Erdmaterial. Nachdem die gesamte Arbeitsinstallation aus dem Service-LKW ausgebaut, mit Luftseilbahn und Helikopter zur Berg-Station transportiert wurde, konnte der Verbindungsgang stabilisiert werden.

Gross-Baustelle führte zu Setzungen bei 2-teiligem Chalet

Unterpfand, Grindelwald



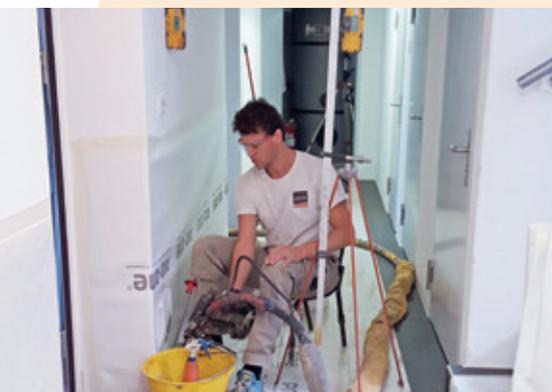
Das Chalet wurde vor ca. 60 Jahren in einem Hang erstellt, vor ca. 20 Jahren fand ein Anbau statt. Die Fundation des älteren Gebäude-Teils besteht aus einer



ca. 1.00 m tiefen (ab OK Boden) Beton-Unterfangung (im Nachhinein vorgenommen), jene des Anbaus aus einer Fundamentplatte mit umlaufendem Frostriegel. Im Zusammenhang mit einer Gross-Baustelle in der Nachbarschaft (Baugrube mit Nagelwand) setzten sich beide Gebäude-Teile auf der Tal-Seite und es fand eine starke Auflockerung im Baugrund statt. Zur Unterstützung des Hebe-Prozesses wurden die Injektionsarbeiten bei den Beton-Unterfangungen unter gleichzeitigem Einsatz von 2 Flachpressen durchgeführt.

Aufstockung erforderte eine Erhöhung der Tragfähigkeit des Baugrundes

MFH, Brugg



Das 5-stöckige MFH wurde um 1946 gebaut und besteht aus einem Mauerwerk, UG und Zwischendecken sind aus Beton. Das MFH sollte um 2 Stockwerke



(in Holz-Leichtbauweise) aufgestockt werden. Da die Fundation nur für die bestehenden Lasten dimensioniert war, wurde eine Verstärkung des Fundamentuntergrundes erforderlich, um die neuen, zusätzlichen Lasten zu tragen. Das MFH hat eine Fläche von ca. 185 m², und die ca. 50 cm breiten und ca. 50 cm tiefen Streifenfundamente wurden in verschiedenen Bereichen mit höheren Lastabtragungen bis in eine Tiefe von ca. -2 m ab UK Fundament auf einer Gesamt-Länge von 28 m stabilisiert.

Case history

5 Reihen-Einfamilienhäuser während Bau-Phase stabilisiert

Marly

Die nicht unterkellerten Gebäude-Teile der 5 Reihen-Einfamilienhäuser haben sich bereits während der Bau-Phase zur Garten-Seite hin leicht gesenkt, und es sind verschiedene vertikale Risse entstanden. Die UGs sind aus Beton, EGs und OGs aus einem Zweischalen-Backsteinmauerwerk mit Betondecken. Die UGs sind nur zur Hälfte (zur Strassen-Seite hin) unterkellert, auf der Garten-Seite verläuft um die Fundamentplatten jeweils ein Frostriegel. Der schwache Fundamentuntergrund (gröss-

enteils Aufschüttungs-Material) in den nicht unterkellerten Bereichen wurde in nur 3 Tagen bis in eine Tiefe von -3.00 m ab UK Fundamentplatte stabilisiert.

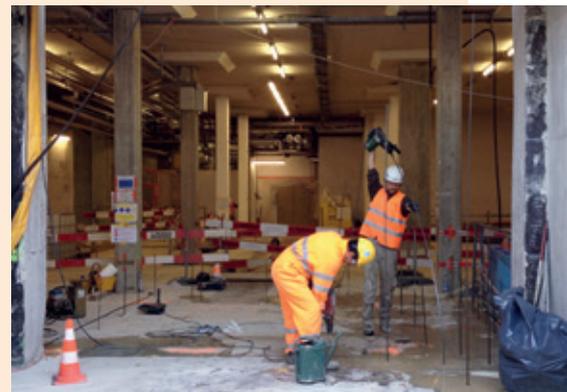


Verfestigung des Baugrundes vor geplantem Aushub für grosse Pumpengrube

Pharma-Unternehmen, Prangins

Um in einem Industriegebäude das Einstürzen einer geplanten Baugrube (3.45 m x 3.45 m = 11.90 m² und -3.60 m Tiefe ab OK Fundamentplatte) zu verhindern und den Eintritt von Grundwasser in die Baugrube zu reduzieren, waren als Stabilisierungs-Massnahme Kunstharz-Injektionen erforderlich. Einerseits wurde der Untergrund unter den angrenzenden Betonstützen/Betonwänden verstärkt, und andererseits wurde der Bereich um den geplanten Aushub verdichtet und verfestigt (künftige

Baugrubensohle/Wandungen). Nach der Injektion von ca. 120 m³ Boden-Volumen konnten der Aushub und die Betonierung unter idealen Bedingungen stattfinden.



Rückhebung eines 4-stöckigen Gebäudes direkt am See

EFH, Ennetbürgen

Das ca. 10 m vom See-Ufer entfernte EFH wurde vor ca. 60 Jahren ebenerdig gebaut. Die ca. 10 cm starke Beton-Fundamentplatte ist mit den darunterliegenden Steinpackungen verbunden. Der Untergrund besteht aus einer kiesig-sandigen Aufschüttung (ca. 2-3 m) mit Steinblöcken und grossen Hohlräumen dazwischen. Die Setzungen von ca. 10 cm zur See-Seite hin sind vermutlich bereits bei Bau-Beginn auf Grund der Aufschüttung eingetreten. Zur Unterstützung des Hebe-Prozesses fanden die Injektionen unter gleichzeiti-

gem Einsatz von Hydraulik-Pressen statt. Das Gebäude mit einer Fläche von ca. 60 m² wurde um ca. 8.7 cm angehoben. Die durchgeführten Analysen zeigten eine einwandfreie Qualität des Seewassers auf.





Case history

Unterpressen von 4800 m² Fahrbahnplatten auf der Autobahn N6, Kiesen-Thun

Ausgangslage

Die Nationalstrasse N6 ist seit ihrer durchgehenden Inbetriebnahme im Jahre 1973 keiner umfassenden Erneuerung unterzogen worden und weist verschiedenste Schwachstellen und Schäden auf. Die Erhaltungsprojekte N6, Rubigen-Thun-Spiez (RUTS) hatten daher zum Ziel, die Fahrbahn über die ganze Strecke zu sanieren und dabei den neusten Standards anzupassen. Aufgrund einer Verschiebung von Bau-Etappen wird das Teilstück zwischen Kiesen und Thun Nord frühestens im Jahr 2019 instandgesetzt.

Im betreffenden Autobahn-Abschnitt sind Fahrbahnplatten im Fugenbereich instabil geworden. Die Instabilität der Platten führte vor allem bei der Überfahrt von Schwerverkehr zu Schwankungen. Vereinzelt sind auch Stufenbildungen entstanden und die Platten drohten teilweise, zu brechen. Auf Grund der instabilen Fahrbahnplatten haben auch die Erschütterungen markant zugenommen. Als notwendige Überbrückungsmassnahme wurde deshalb eine temporäre Stabilisierung der schlecht gelagerten Betonplatten notwendig.

Die Beton-Fahrbahnplatten sind ca. 22 cm stark, darunter liegt eine verdichtete Kies-Koffierung von ca. 0.80 m – 1.00 m. Auf die Kies-Koffierung wurde eine Folie aufgelegt, anschliessend wurden die Betonplatten (4.00 m x 6.25 m = 25 m²) mit Fertigern eingebracht.



Bohrungen (Durchmesser 12 mm) und gesetzte Injektionslanzen



Injektion des Kunstharzes

Stabilisierung

Die Instandsetzung/Stabilisierung der Betonplatten mit dem Ersatz des Asphaltbelages hätte einen zeitlich langen Eingriff in die Stammachse bedingt und einen Spurbau auch tagsüber zur Folge gehabt. Ausserdem wurde in der Grundwasserschutzzone eine Stabilisierung mittels Zementmörtel aufgrund seiner langen Abbindezeit als nicht ideal erachtet.

Eine Unterpressung der Betonplatten mit dem **URETEK Floor Lift®**-Verfahren hatte den Vorteil, dass die Arbeiten in

der Nacht erfolgen konnten, denn das URETEK-Kunstharz verfestigt sich nach dem Injizieren innert Sekunden (nach 5 Sekunden beginnt das Kunstharz, zu quellen, und bereits nach 20 Sekunden hat es seine maximale Ausdehnung erreicht).

Um die Betonplatten zu stabilisieren, mussten die Hohlräume zwischen der Foundationsschicht und den Betonplatten aufgefüllt werden. Das URETEK-Fachpersonal führte die Arbeiten mit zwei als Werkstatt ausgerüsteten Lastwagen durch.

Als Vorbereitung der Injektions-Arbeiten wurden in regelmässigen Abständen von ca. 1.00 m Löcher mit einem Durchmesser von 12 mm durch die Betonfahrbahnplatten gebohrt, in welche danach Injektionsrohre eingeführt wurden. Die beiden Komponenten des PUR-Kunstharzes befanden sich in Behältnissen im Service-LKW, von wo aus sie via einem ca. 70 m langen Injektionsschlauch zu einer Mischpistole gelangten. In der Spezial-Pistole wurden die beiden Komponenten gemischt und mit permanent kontrolliertem Druck unmittelbar unterhalb der Betonfahrbahnplatten injiziert. Das Kunstharz verteilte sich und füllte durch die Expansionskraft einer 20-fachen Volumenvergrösserung (im Luftraum gemessen) alle Hohlräume. Der gesamte Vorgang der Stabilisierung von ca. 4800 m² Betonfahrbahnplatten wurde laufend durch Laser-Messgeräte kontrolliert und dauerte insgesamt 13 Nächte.

Begutachtung von vor Jahren stabilisierten Betonfahrbahnplatten

Einige Wochen vor der Arbeits-Ausführung hatten das AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern, der Geologe, der Bauherr und die Projektverfasser zusammen mit der URETEK Schweiz AG die Möglichkeit, das Ausmass einer Hohlraumverfüllung mit URETEK Kunstharz bei Betonplatten, welche 2013 stabilisiert wurden, vor Ort zu begutachten.

Dazu wurden im Rahmen der Gesamtinstandsetzung einige Betonplatten aufgebrochen, angehoben und umgedreht. Es zeigte sich, dass das URETEK-Kunstharz in optimaler Weise nur den Hohlraum zwischen der Betonplatte und der Foundationsschicht ausgefüllt hat (homogene, nur wenige mm dicke Schicht). Das stabilisierende URETEK-Kunstharz hatte sich nicht mit der Kiesfundationsschicht vermischt; Betonplatten, URETEK-Kunstharz, Folie und Kieskoffer waren klar getrennt. Es konnten keine Stellen ausgemacht werden, wo das URETEK-Kunstharz in die Tiefe eingedrungen wäre. Optisch sah es so aus, wie wenn das URETEK-Kunstharz als elastische Matte verlegt worden wäre.



Video zum Projekt:
www.uretek.ch
> Videos

Case history

Grosse Hohlräume unter Hallenboden verfüllt, Boden stabilisiert und ausnivelliert

Die Uhren-Manufaktur in Le Lieu wurde vor ca. 60 Jahren auf einer ehemaligen Deponie gebaut, die aufgeschüttet wurde. Das Schütt-Material besteht aus einem Lehm/Kies-Gemisch, das viel Wasser zurückbehält. Im Laufe der Zeit begann das Gebäude, sich im Bereich der aufgeschütteten Deponie zu setzen. Im Hallen-Bereich Nord sind unter der Bodenplatte grosse Hohlräume entstanden, und im Hallen-Bereich Süd starke Absenkungen der Bodenplatte mit starken Rissbildungen.

Der Einsatz fand in 2 Etappen statt, wobei die beiden Verfahren **URETEK Cavity Filling®** (siehe Beitrag auf der letzten Seite) und **URETEK Floor Lift®** angewandt wurden:

1. Etappe: URETEK Cavity Filling®

In der 1. Etappe wurde im Hallenbereich Nord ein Arbeitsbereich von ca. 250 m² mit der Methode **URETEK Cavity Filling®** bearbeitet.



Hohlräume bis 40 cm Tiefe

Zuerst wurden die Hohlräume unter der Bodenplatte von bis zu ca. 40 cm Tiefe und mit einem Volumen von ca. 15 m³ mit Liapor-Blähton verfüllt. Dazu wurde der Blähton durch 15 cm grosse Kernbohrlöcher in der Bodenplatte in die Hohlräume eingeblasen. Danach wurden die mit Liapor-Blähton verfüllten Hohlräume mittels Kunstharz-Injektionen verpresst und der Untergrund bis ca. -1.50 m verdichtet. Durch weitere Kunstharz-Injektionen wurde die Bodenplatte mit den darauf stehenden Maschinen um bis zu 40 mm angehoben.



Einblasen des Liapor-Blähtons

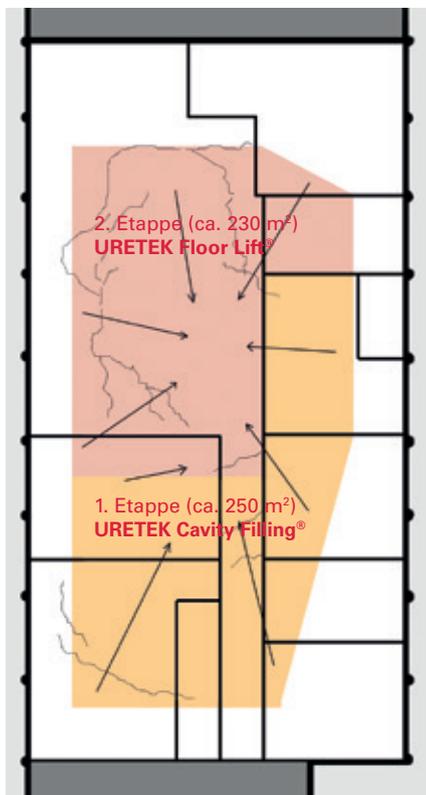


Injektion des Kunstharzes in den zuvor mit Liapor-Blähton verfüllten Hohlraum

2. Etappe URETEK Floor Lift®

Im Gebäude-Innern sind im Hallen-Bereich Süd Setzungen der ca. 18 cm starken Bodenplatte von bis zu ca. 22 cm entstanden. Auf Grund der nur schwach armierten Bodenplatte hat sich der Hallenboden deformiert, und es sind zahlreiche Spalten und Risse in der Bodenplatte entstanden. Da die Setzungen fortschreitend waren, mussten die Maschinen der Uhren-Manufaktur wiederholt dem Niveau der gesenkten Bodenplatte entsprechend ausgerichtet und justiert werden.

In der 2. Etappe wurde im Hallen-Bereich Süd ein Arbeitsbereich von ca. 230 m² mit der Methode URETEK Floor Lift® bearbeitet, um die Setzungen von bis zu 22 cm zu beheben. Der Boden wurde in 2 Injektionstiefen (-0.30 m und -1.60 m) und in einem Injektionsraster von ca. 1.50 m verdichtet und im stärksten gesenkten Bereich bis zu 22 cm angehoben. Der Hallenboden wurde somit stabilisiert und ausnivelliert.



Bilder: Injektions-Arbeiten mit Anhebung des Hallenbodens (bis 22 cm)

Die sehr starke Deformierung der Bodenplatte mit Spalten und Rissen erforderte eine aufwändige und intensive Überwachung mittels Laser-Messgeräten, um die erreichten Resultate der Verfüllung der Hohlräume unter der Bodenplatte und der Anhebung der Bodenplatte kontrollieren zu können.

Ein grosser Vorteil der beiden angewandten URETEK-Verfahren war, dass der Betrieb sämtlicher Präzisions-Maschinen, welche äusserst empfindlich gegen Feinstaub sind, während der 1. und der 2. Etappe nicht unterbrochen oder sogar eingestellt werden musste. Zudem waren die Ausführungszeiten

enorm kurz, und die im Vergleich zu herkömmlichen Methoden geringen Kosten waren ein entscheidender Faktor, weshalb die beiden Verfahren URETEK Cavity Filling® und URETEK Floor Lift® als Sanierungsmethoden gewählt wurden.

Weitere Informationen zu URETEK Cavity Filling® finden Sie auf der nächsten Seite.

URETEK Cavity Filling®

Grosse, unterirdische Hohlräume können schnell und sicher verfüllt werden

Mit dem **URETEK Cavity Filling®**-Verfahren werden grosse, unterirdische Hohlräume verfüllt und stabilisiert. Der Grösse und Form des Hohlraumes entsprechend werden Löcher mit einem Durchmesser von ca. 15 cm für das Einfüllen eines Füllmaterials (Blähton, Kies usw.) und des expandierenden URETEK-Kunstharzes gebohrt. Nachdem der Hohlraum bis zu ca. 95 % mit dem Füllmaterial verfüllt ist, wird das URETEK-Kunstharz durch zuvor abgeteufte Injektionslanzen injiziert. Das Füllmaterial wird durch die Injektion mit expandierendem Kunstharz verdichtet und an die Hohlraum-Wände verpresst.

Das **URETEK Cavity Filling®**-Verfahren ist eine sichere Methode zur Verhinderung von Hohlraum-Einstürzen. Der mit diesem Verfahren verfüllte Hohlraum verfügt über eine hohe Tragfähigkeit und Stabilität.

Vorteile

- geringer Aufwand
- in schwer zugänglichen Bereichen ausführbar
- dauerhafte Lösung
- zeitsparendes, kostengünstiges Verfahren

Anwendungen

- natürliche Hohlräume
- ehemalige Stollen
- unterirdische Räume
- nicht mehr benutzte Kanäle
- nicht mehr in Betrieb stehende Kanalisationsleitungen



Hohlraum vor der URETEK Cavity Filling®-Behandlung



Einblase-Öffnung (Hohlraum mit eingeblasenem Füll-Material und Injektionslanzen)



Verschliessen der Einblase-Öffnung



Kunstharz-Injektionen (nach eingeblasenem Füll-Material und gesetzten Injektionslanzen)

Alle URETEK Verfahren:
www.uretek.ch
 Technik > Die URETEK-Verfahren

Schematische Darstellung URETEK Cavity Filling®



Besuchen Sie unsere neue Website:

www.uretek.ch

