



Burgdorfer Geotechniktag 2021

Rutschen unerwünscht

Baugrubenabschlüsse kommen zum Einsatz, wenn geologische oder beengte Verhältnisse keine konventionellen Lösungen zulassen oder Projekte im Grundwasser oder Gewässern ausgeführt werden sollen. Die richtige Wahl des Verfahrens erfordert komplexe Kenntnisse und ermöglicht bisher nicht realisierbare Bauvorhaben.

Von Claudia Bertoldi

Die tiefe Baugrube des Glasi-Areals in Bülach Nord musste abgesichert werden, da sie direkt an eine vielbefahrene Strasse grenzt.

Gründungen haben die Aufgabe, Lasten aus dem Bauwerk aufzunehmen und an den Untergrund weiterzugeben. Im Idealfall wird dafür eine Baugrube ausgehoben und eine Böschung schliesst die Baugrube ab. Doch immer mehr Projekte werden dort geplant, wo aufgrund der Siedlungsverdichtung das neue Bauprojekt direkt an bestehende Bebauungen grenzt. Oder sie befinden sich auf Parzellen, die ungünstige geologische Bodenverhältnisse aufweisen. Vor allem Hanglagen sind für Wohnbauten attraktiv. Für die Realisierung der Gebäude werden weder Kosten noch Mühen gescheut.

Wenn der Baugrund nicht stabil ist und somit der sichere Stand gefährdet sein könnte, muss der geeignete Baugrubenabschluss gefunden werden. Was bei Baugrubenabschlüssen normativ, konzeptionell, technologisch und praktisch zu beachten ist, war Thema des in diesem Jahr erstmals online durchgeführten Burgdorfer Geotechniktags. Zudem wurden einige aktuelle Bauvorhaben aus der Schweiz vorgestellt.

Zu Beginn der Veranstaltung machte Anita Lutz, Präsidentin der Normkommission SIA 267 Geotechnik, auf die Herausforderungen bei der Erarbeitung der neuen europäischen und Schweizer Normen aufmerksam. «Wir können heute nicht wissen, was uns 2030 erwartet. Aber ich möchte Antworten geben, was auf uns zukommt und was wir zu erwarten haben», sagte die in der Dr. Vollenweider AG, Zürich, tätige Diplomingenieurin. «Noch ist nicht klar, ob auch in Zukunft beide Normen weiterbestehen werden. Vieles ist noch zu klären: Wie erfolgen die Nachweise, welche Partialfaktoren und welches Sicherheitsniveau werden sich etablieren?»

Viel Arbeit steht an

Momentan ist in der Schweiz die SIA 267: 2013 Geotechnik gültig. Zudem gelten der aktuelle Eurocode EC 7 als SN EN 1997-1: 2004 mit Änderungen von 2013 sowie SN EN 1997-2: 2007 mit Änderungen 2010. Der Eurocode 7, kurz EC 7 genannt, ist die Bezeichnung der europäischen Norm EN 1997 mit dem Titel «Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik». Er liegt zurzeit in einem fortgeschrittenen neuen Entwurf, dem prEN1997 vom Oktober 2020, vor. Bis zum Erscheinen der endgültigen Norm sind weitere Änderungen nicht auszuschliessen. Alle Partialfaktoren und gewisse Verfahren können von den Mitgliedsländern selber auf ihr Land ab-



Gründungsarbeiten auf der Baustelle «Three Point» in Dübendorf.

gestimmt werden. Für die Schweiz sind die Anpassungen sehr umfangreich, da Unterschiede in den Nachweisformaten vom prEN1997 zur Norm SIA 267 bestehen.

Bei der Aktualisierung der Norm 267 wurde darauf verzichtet, die Kompatibilität mit dem EC 7 zu erreichen, da weitere Überarbeitungen zu erwarten waren. Die Arbeit mit den Nachweisformaten steht nun an. «Mit der Aktualisierung soll gleichzeitig eine Vereinfachung und Harmonisierung erreicht werden, damit alle EC-Normen kompatibel sind und keine Wiederholungen mehr in den Normen auftreten», meint Anita Lutz. Doch die Ansprüche der Schweiz bezüglich Vereinfachung und Harmonisierung sei deutlich höher als in anderen Ländern. Man wünsche eine konsequente Gliederung, weniger Partialfaktoren und optimale Nachweisverfahren.

Die neue Norm wird ergänzende Kapitel beinhalten, unter anderem Fels als anstehender Baugrund ergänzt. Auch werden dynamische Bemessungen integriert. Aktuell liegt der erste vollständige Entwurf vom Oktober 2020 zur Vernehmlassung vor. Er wird nun von Arbeitsgruppen überprüft. Deren Ergebnisse fliessen in die überarbeitete Version ein, welche Ende 2022 den nationalen Normierungsinstituten vorgelegt werden soll. Das finale Dokument wird 2024 erwartet und mit Übersetzungen zur Abstimmung vorliegen.

«Es ist wichtig, dass alle Tragwerksnormen als Paket vorliegen, die aufeinander abgestimmt sind. Die letzten Eurocodes sollten 2027 fertig sein. Danach gibt es eine

Übergangsfrist, in der sie in den Ländern eingeführt werden sollen», berichtet Lutz.

Anfang 2028 sollten die Eurocodes auch in der Schweiz in Kraft treten. Bis dahin sind die Mitglieder der Kommissionen SIA 260 bis 267 gemeinsam mit externen Experten weiterhin gefordert. Unter anderem muss eine Strategie bezüglich eigener Normen und/oder Dokumentationen erarbeitet werden. Drei Möglichkeiten stehen zur Debatte:

- › Eurocodes mit Vorwort und nationale Elemente
- › Eurocodes und nationale Elemente sowie weitere Hilfsdokumente
- › kompatible SIA-Tragwerksnormen (Serie SIA 260 ff) sowie Eurocodes mit nationalen Elementen.

Derzeit werden die Strategien festgelegt. Vier Jahre intensiver Arbeit stehen bevor, um die Schweizer Nachweisformate den EC 7 anzupassen. Die Ziele sind unter anderem ein der Schweiz angepasstes Sicherheitsniveau, eine kompakte Zusammenstellung der relevanten Bestimmungen und eine nutzerfreundliche Auslegung des Normenwerks.

Wenn es plötzlich rutscht

Ein Projekt in Rutschungsgebieten oder im Kriechhang erfreut keinen Planer. Denn das bedeutet zusätzliche grössere technische Massnahmen, um die Baugrube zu sichern. «Die Erstellung von Baugruben in Kriechhängen ist eine anspruchsvolle geotechnische Aufgabe. Es ist ein sehr umfassendes Thema, das in einem Referat nicht vollständig abgehandelt werden



Wohnen am Hang ist beliebt. Die Gründungen liegen aber oft in gefährlichen Rutschzonen.

kann», sagt Matthias Ryser, Geschäftsleiter der Dr. Vollenweider AG.

Kriechhänge bergen ein hohes Gefahrenpotenzial. «Es kann sehr viel schiefgehen, oft ist es eine Verkettung vieler Komponenten. Wir werden oft nachträglich als Berater hinzugezogen.» Der Experte dokumentiert dies anhand mehrerer Beispiele: In Steinen SZ wurde 2013 ein neues Baugebiet eingezont, das auf der Gefahrenkarte als Zone mit permanenten Rutschungen schwacher und mittlerer Intensität ausgewiesen ist. Insgesamt 18 Parzellen für Einfamilien-, Doppel- und Mehrfamilienhäuser wurden an private Bauherren veräussert. Nachdem 2016 die Erschliessung erfolgt und die Baugruben für die ersten Häuser ausgehoben waren, wurden an der Strasse unmittelbar oberhalb des Baugebiets und an einem noch höher gelegenen Wohnhaus Risse und Setzungen festgestellt.

Daraufhin wurde eine Überwachung angeordnet. Sie ergab, dass durch die Erstellung der Baugrube am Hangfuss eine rund 195 Meter hangaufwärts liegende Rutschmasse aktiviert wurde. Die Gleitfläche liegt bis in eine Tiefe von zehn Metern. 2017 wurde eine Bewegungsrate von 30 Zentimetern im Jahr festgestellt, die natürliche Rate liegt bei ein bis zwei Zentimetern im Jahr. Untersuchungen ergaben, dass permanente Hangsicherungsmassnahmen nötig sind. Im Herbst 2017 wurden 76 permanent vorgespannte Anker eingebaut und

Stützmauern zwischen den einzelnen Parzellen als verankerte Betonriegel ausgebildet. Die hohe Zahl der Anker erhöht die Gesamtstabilität des gesamten Gebiets um rund fünf Prozent, wodurch die Bewegung der Rutschmasse auf weniger als fünf Millimeter im Jahr gebremst werden konnte.

Bauen im Gefahrengebiet

Auch der Bau zweier mit einer Tiefgarage verbundener Häuser in Sarnen OW verlief nicht problemlos. Das Objekt befindet sich auf instabilem Grund, was bereits durch die Lage in einem Gebiet der gelben Gefahrenstufe für permanente Rutschungen zu erwarten war. «Dennoch war bei vorangehenden Sondierungsbohrungen eine massgebende Gleitfläche in rund 14 Metern nicht erkannt worden», berichtet Ryser.

Bei den Baugrunduntersuchungen wurde auch eine Kernbohrung mit Inclinometer erstellt. Schon kurz nach den Untersuchungen wurde mit dem Bau gestartet. Die erste Verschiebungsmessung des Inclinometers erfolgte aber erst, als bereits die erste Etappe der gesamten Baugrube ausgehoben war. Dabei wurde der aktive Gleithorizont in 14 Metern Tiefe und nicht wie vermutet bei sieben Metern identifiziert. Erst mit weiteren Messungen am Hang und einem geodätischen Netz konnte festgestellt werden, wie weit sich der Rutschkörper hangaufwärts erstreckt.

Durch den bis zu neun Meter hohen Hanganschnitt für die Baugrube wurde ein

120 Meter hangaufwärts reichender Rutschkörper aktiviert. Die Verschiebungsrate betrug bis zu 160 Zentimeter pro Jahr. Erst Zusatzmassnahmen, unter anderem eine Notschüttung und temporäre Zusatzanker, bewirkten eine teilweise Bremsung auf zunächst 60 Zentimeter pro Jahr. Nach der Erstellung des Rohbaus betrug die Rutschung immer noch 40 Zentimeter pro Jahr, was schlussendlich eine permanente Hangsicherung notwendig machte.

Auch ein 60 Meter oberhalb des Neubaus stehendes Gebäude hatte sich über einen Meter talabwärts verschoben, ohne dass grössere Schäden entstanden. Der robuste Baukörper hatte sich lediglich leicht verkippt, was durch eine Hebungsinjektion wieder ausgeglichen werden konnte.

«Selbst bei korrekter Ausführung der Baugrunduntersuchungen und der Aufnahme von Bohrkernen ist es nicht immer möglich, kritische Scherzonen und potenzielle Gleitflächen zu erkennen», erklärt Ryser. Die Gefährdung sei davon abhängig, wo sich das Gebäude innerhalb des Hangs befindet, sowie von der Art und Grösse des Eingriffs. Kriechhänge reagieren bereits auf kleinste Eingriffe. Die Rutschkörper können dabei weit hangaufwärts reichen und bei Reaktivierung grosse Verschiebungen mit hohen Geschwindigkeiten auslösen.

In Hanglagen wird investiert

In einer bereits bekannten Rutschzone wurden auch drei Gebäude in Zug gebaut. Die Überbauung liegt in bevorzugter Lage am Hang mit leichter Muldenlage. «In der ersten Phase wurden sechs Bohrungen mit dem Inclinometer durchgeführt, danach weitere Sondierungen im seitlichen Bereich ergänzt. Zudem waren für das Gebiet bereits mehrjährige Messreihen von Vorgängerprojekten vorhanden, auf die man für das Projekt zurückgreifen konnte», berichtet Ryser.

Über einem stabilen Felsuntergrund befindet sich eine labile Sackungsmasse mit einer aufliegenden aktiven Rutschmasse aus verwittertem Felsmaterial. Es handelt sich also um zwei Rutschmassen ober- und unterhalb, die sich gleichmässig rund zwei Millimeter pro Jahr bewegen. «Das scheint nicht viel, doch eine so grosse Verbauung mit verbundener Tiefgarage ist eine empfindliche Struktur, für die solche Toleranzen entscheidend sein können», meint der Bauingenieur.

Da die Hangwasserverhältnisse sehr komplex sind, wurde im Gesamtkonzept eine Trennung von Hangsicherung und Ge-

bäude vorgesehen. Bergseitig der Gebäude wird der Rutschhang mit einer permanent verankerten Pfahlwand und einer Reihe permanent verankerter Betonriegel gesichert. Zwischen der Pfahlwand und der Wand des Untergeschosses der Gebäude wurde ein 2,5 Meter breiter Hohlraum vorgesehen, der jeglichen Erd- und Wasserdruck von den Baukörpern fernhält. Gleichzeitig gewährleistet er eine freie Zugänglichkeit, sollte eine Verstärkung oder ein Ersatz der Anker notwendig sein. Die Gebäude selber wurden auf Pfählen gegründet, die bis in den stabilen Felsuntergrund reichen. Zudem wurden von der Pfahlwand aus Drainagebohrungen gesetzt, um den Hang zu entwässern und einen Aufstau infolge der Ankerinjektionen zu verhindern.

Vor dem Aushub für das Planum der Pfahlwand mussten die Ankerriegel erstellt werden. Die geschah in drei Etappen, um die Stabilität des Hangs nicht zu stark zu schwächen und somit grosse Verschiebungen zu vermeiden. Diese Etappierung benötigte wesentlich mehr Zeit als der Aushub einer konventionellen Baugrube, da ein lokaler, möglichst kleiner Aushub für die einzelnen Ankerriegel erstellt werden musste. Allein die Erstellung der Ankerriegel dauerte mehr als fünf Monate.

Nicht nur aus Sicherheitsgründen bei der Bauausführung, auch danach bedarf der Hang einer ständigen Überwachung. Die Kontrollmessungen müssen inzwischen nur noch alle fünf Jahre durchgeführt werden. Die Rutschung konnte praktisch gestoppt werden, die Ankerkräfte sind stabil. «Im Auftrag der Eigentümer wird regelmässig überwacht. Falls festgestellt werden sollte, dass die Verankerung nicht mehr ausreicht, kann problemlos zusätzlich verstärkt werden», betont Ryser.

Schacht unter den Gleisen

Über ein sehr anspruchsvolles Projekt im Westteil des Bahnhofs Bern berichtete Marc Freiburghaus, Bereichsleiter Spezialtiefbau der Marti AG, Bern. Der Schacht Laupenstrasse wurde in unmittelbarer Gleisnähe am Bahnhof erstellt. «Es ist eine spezielle Baustelle. Der Schacht liegt hinter zwei Häuserzeilen der Laupenstrasse, eingepfercht zwischen dem Gebäude Fruchthof und den Gleisen», beschreibt der Bauingenieur die Situation. Der Schacht dient als Zugang zur künftigen Baustelle der zwei grossen Kavernen des RBS-Tiefenbahnhofs unter dem Bahnhof Bern. Im Anschluss an die Arbeiten wurde der Zu-

gangsstollen zur Kaverne im Gefrierverfahren erstellt. Momentan startet der eigentliche Kavernenausbruch.

Von Januar bis März 2018 wurde die Schlitzwand aus 23 Elementen erstellt. Neben den sehr beengten Verhältnissen hatten sich die ausführenden Unternehmen an streng begrenzte Zeitfenster zu halten. Von Samstagmorgen bis Sonntagabend mussten teilweise Gleise entfernt oder überdeckt, die Fahrleitung stillgelegt und die Schlitzwand erstellt werden. In der Sonntagnacht wurden Gleis und Fahrleitung wieder eingebaut, damit der Normalbetrieb im Bahnhof wieder anlaufen konnte.

«Wir mussten sehr schnell bauen, die grösste Herausforderung war aber die extreme Enge, die kaum Platz für Baumaschinen und Materialvorhaltung bot. Die in der Ausschreibung angegebenen Positionen für die Platzierung der Fahrmischer und Seilbagger waren praktisch nicht umsetzbar.» Deshalb musste der Beton zur Einbaustelle gepumpt werden, der dafür nötige Seilbagger stand in unmittelbarer Nähe des äusseren Gleises. Der massive, 25 Meter lange Bewehrungskorb der Schlitzwand wurde dann mit einem Spezialpneukran eingehoben.

«Die Ausführung dieser Schachtarbeiten kann nicht mit allgemeinen Projekten verglichen werden. Unsere Erfahrungen zeigen, dass Zugänglichkeit und Platzverhältnisse für die Tagesleistung entscheidend sind. Auch Nachtarbeit geht langsamer voran», so Marc Freiburghaus.

Zudem rät er, die Pläne vor Baubeginn immer zu verifizieren, um auf der Baustelle vor Überraschungen gefeit zu sein.

Das Projekt sah zudem den Einbau einer fünfflagigen Spriessung mit zwei zentralen Stützen vor. Auch hier hatten die Spezialisten mit einer sehr eingeschränkten Zugänglichkeit durch eine Gleishilfsbrücke zu kämpfen. Die halbe Schachtfläche war dadurch abgedeckt, was die Zuführung des Materials und der Geräte erschwerte. Die Doppel-Longarinen wurden deshalb provisorisch montiert, auf zwei Ebenen verschweisst, erst dann heruntergelassen und endgültig zusammengesweisst. Danach wurden sie mit hochfestem Mörtel hintergossen. «Da der Seilbaggerfahrer keinen direkten Einblick in die Baugrube hatte, musste hier mit Videokameras gearbeitet werden», berichtet der Bauingenieur. Die Spriesskräfte wurde die gesamte Zeit mit Schwingsaiten überwacht.

Im vorliegenden Projekt wurden die errechneten Lasten massiv überschätzt, da die Lastannahmen und Vorgaben des Bundesamts für Verkehr (BAV) sehr konservativ angesetzt waren. «Im Zweifelsfall und bei einem heiklen Bauprojekt ist es auf alle Fälle besser, wenn die effektiven Lasten weitaus günstiger liegen. Das bedeutet aber preisliche Nachteile», so Freiburghaus. Der entscheidende Faktor des Gelingens liege aber in der rechtzeitigen logistischen Planung. Bereits kleine Fehler haben weitreichende Konsequenzen für den gesamten Bauablauf. ■



Die Baugrube in Winterthur Hegi grenzt an bestehende Bebauungen und muss gesichert werden.