

# Foundation nach Mass

**Geologisch-geotechnische Untersuchungen geben Auskunft über das Verhalten eines Baugrunds. Die Ergebnisse entscheiden über bauliche Absicherungsmaßnahmen und die Art der Foundation eines Bauwerks. Neuere Kenntnisse des Bodenverhaltens und Fortschritte in der Verfahrenstechnik ermöglichen die passgenaue Ausführung von Baugruben und Foundationen.**

Von Claudia Bertoldi

**B**augrund wird immer knapper und ist entsprechend teuer. Deshalb werden heute Bauwerke auch auf Parzellen errichtet, die zu früheren Zeiten wegen der schwierigen Bodenverhältnisse oder ungünstigen Lagen nicht genutzt worden wären. Probleme der Tragfähigkeit, starke Verformungen, Grundwasser, Kriech- oder Rutschbewegungen und nicht zuletzt belastete Standorte stellen die Planer und ausführenden Firmen vor grosse Herausforderungen. Was bei der Vorbereitung, Planung und Ausführung von Bauvorhaben zu beachten ist, und wie man sich für mögliche Schadensfälle mit Bewei-

sen absichert, stand im Mittelpunkt des Burgdorfer Geotechniktags 2020. Zudem wurden neue Möglichkeiten der Foundation und Bodenverbesserung aus der aktuellen Praxis betrachtet.

## Ein Risiko besteht immer

Der Baugrund ist ein spezieller Baustoff. Es ist natürlich gewachsen, standortabhängig und lässt sich nicht normieren. Die Besonderheit der Projektierung von Foundationen sowie von geotechnischen Tragwerken besteht allgemein darin, dass die Baugrundwerte durch ortsspezifische Baugrunduntersuchungen ermittelt werden

müssen. Deshalb ist vor jedem geplanten Bauvorhaben, ein umfassendes Baugrundgutachten zu erstellen.

Doch selbst dann bestehen Risiken. Untersuchungen erfolgen nur stichprobenartig. Selbst wenn ausreichend Untersuchungen vorgenommen wurden, besteht immer die Möglichkeit, dass beispielsweise eine wasserführende Schicht nicht erkannt wurde, welche die anstehenden Tiefbauarbeiten entscheidend beeinflussen kann.

«Bei der Ausführung kommt es meistens schlechter heraus, als man es erwartet hat. Deshalb sollte der Bauherr bezüglich Projekt- und Kostensicherheit immer ein

grosses Interesse daran haben, den Baugrund möglichst gut zu untersuchen und zutreffend beschreiben zu lassen», betont Matthias Ryser, leitender Ingenieur Geotechnik bei der Dr. Vollenweiler AG, Zürich. Ein Bauvorhaben sei auch bei guter Beschreibung und Beurteilung des Baugrunds immer mit gewissen Unsicherheiten verbunden.

## Arbeitsteilung empfohlen

Da Boden keine Einheitsnorm aufweise, sei ein breites Spektrum von Kenntnissen nötig, um die richtigen Massnahmen einzuleiten. Deshalb wird auch die Baugrunduntersuchung in der Regel von einem anderen Büro als die Projektierung des Tragwerks ausgeführt. «Es braucht eine Aufgabenteilung für Spezialgebiete, wenn es sich nicht um ein sehr einfaches Projekt handelt. Baugrunduntersuchungen erfordern ein vertieftes Fachwissen und Erfahrungen in Geologie und Geotechnik», meint Ryser. Es sei kaum möglich, dass ein Bauingenieur alle Aufgaben abdecken könne.

Die SIA-Norm 267 regelt als Grundlage, welche technischen Aufgaben zur Baugrunduntersuchung, Baugrundlagenbeschaffung oder Projektierung gehören. Sie legt aber nicht fest, wer diese Aufgaben zu erfüllen hat. Die SIA-Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieure (LHO 103) besagt, dass Untersuchungen im Rahmen der Grundlagenbeschaffung nicht in den Grundleistungen des Bauingenieurs enthalten sind. Es besteht aber die Möglichkeit, sie als Zusatzleistung zu vereinbaren.

«In der Praxis ist man ziemlich frei, wie man sich vertraglich organisiert und wie die Aufgabenverteilung erfolgt. Dies ist sozusagen liberale Schweizer Tradition. Auch in der interdisziplinären SIA-Arbeitsgruppe war man sich darüber einig, dass man sich dabei nach den Anforderungen des Projekts und der Kompetenz



Der Einsatz von Flüssigboden findet in der Schweiz immer grössere Verbreitung. Das Material wird vor Ort wieder eingebaut und behält seine ursprünglichen Bodeneigenschaften.

der Beteiligten und nicht stur nach Normanforderungen richtet», sagt Ryser.

## Aufgaben präzisieren

Auch wenn zwischen Grundlagenbeschaffung und Projektierung gegenseitige Abhängigkeiten bestehen, sind die Aufgabenbereiche zu unterscheiden. Zu den Aufgaben der Grundlagenbeschaffung gehört ein geologisch-geotechnischer Bericht mit einem exakten Beschrieb und einer Modelldarstellung vom Schichtaufbau des Baugrunds. Dieser beruht auf den Ergebnissen der stichprobenartigen Sondierungen und auf Kenntnissen zur Entstehungsgeschichte der betreffenden Formation.

Zudem sind die geschätzten Erwartungs- und Extremwerte des Baugrunds anzugeben. Des Weiteren sind Angaben zu den Grundwasserverhältnissen zu machen, unter anderem über den gemessenen Grundwasserspiegel und dessen Schwankungsbereich zwischen den geschätzten Niedrig- und Hochwasserständen. Dem Bericht sind zudem Hinweise zu geologisch-geotechnischen Risiken, Versickerungsmöglichkeiten und den Aushubverhältnissen zu entnehmen.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse zu den Baugrundverhältnissen und der bestehenden Unsicherheiten wird das Tragwerks- und Foundationskonzept festgelegt und in Absprache mit dem Bauherrn das zweckmässigste Bauverfahren gewählt. Dieser Entscheid unterliege allerdings der Projektierung und könne nicht an die Grundlagenbeschaffung delegiert werden, so Ryser. Zur Grundlagenbeschaffung gehört während der kompletten Ausführung aber die Überprüfung der angetroffenen geologischen Verhältnisse und der Vergleich mit der Prognose.

## Verantwortung übernehmen

Eine klare Aufgabenteilung hilft dabei, Doppelspurigkeiten und Lücken bei der Ausführung zu vermeiden. «Dies bedeutet nicht einfach eine Teilung der Arbeiten. Die Fachkompetenz ist entscheidend und jeder beteiligte Planer muss Verantwortung für die Arbeiten übernehmen, für die er zuständig ist», sagt Ryser

Probleme könnten auftreten, wenn die Bezeichnungen der Fachleute mehrdeutig sind. Denn die Bezeichnung Geologe oder Geotechniker hänge nicht allein vom Aufgabengebiet und Projekt ab, sondern selbst von der Region. Doch immer bestehe die Forderung, die Aufgaben konkret zu verteilen und gegebenenfalls externe Fachleute zu beauftragen.

Besonders bei einer anspruchsvollen Gründung sei es empfehlenswert, für Spezialprüfungen Subplaner hinzuzuziehen. Die Projektverantwortung sollte allerdings möglichst ungeteilt bei der Projektierung verbleiben, um die Haftung bei Problemen wie Bauschäden einfacher zu



Baugrunduntersuchungen beeinflussen die Projektierung jedes Bauwerks, da sie die Basiswerte für Art und Grösse der Foundation und Tragwerke liefern.

«Es ist im Interesse des Bauherrn, den Baugrund möglichst gut untersuchen und zutreffend beschreiben zu lassen.»

Matthias Ryser, leitender Ingenieur Geotechnik bei der Dr. Vollenweiler AG, Zürich





«Die Idee ist nicht neu, aber anspruchsvoll. Wir sind noch nicht am Ende, das Material komplex darstellen zu können.»

Prof. Dr. Ulrich Trunk, Leitung Fachbereich Grund- und Untertagebau, FHNW, Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Institut Bauingenieurwesen, Muttenz

klären. Eine weitere Möglichkeit wäre, komplette Baulose herauszulösen und ein Gesamtmandat – beispielsweise zur Errichtung einer Steinschlagverbauung oder eines Wasserbauvorhabens – zu vergeben.

Eine Baugrunduntersuchung ist also das A und O jeder Bauwerksfundation. Der Bauherr trägt das Risiko. Kann er sich auf ein Gutachten stützen, wird im Schadensfall die Versicherung zum Tragen kommen. Deshalb klären Versicherungen zumeist als Erstes, ob eine exakte Baugrunduntersuchung erfolgt ist. Dies gilt ebenso für den Ingenieur, der sich bei der Projektierung auf die vorliegenden Grundlagen stützen muss. «Wenn jeder weiss, welche Verantwortung er hat, dann kommt es meistens gut», schliesst Ryser.

### Fließfähig und selbstverdichtend

Um den Baugrund für das geplante Bauprojekt anzupassen, existieren verschiedenen Verfahren für den Bodenaustausch und dessen Verbesserung sowie spezielle Gründungsverfahren. Über ein Verfahren, das in der Schweiz langsam Einzug hält, und welches im Baublatt in der letzten Ausgabe vorgestellt wurde, informierte Ulrich Trunk, Professor und Leiter des Fachbereichs Grund- und Untertagebau an der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Muttenz.

«Der Begriff Flüssigboden basiert auf der Art des Materials und seinem zeitweiligen Zustand während des Einbaus. Es handelt sich um einen beim Einbau flüssigen Verfüllstoff mit festen, bodenartigen Eigenschaften nach dem Einbau. Seine Eigenschaften können gezielt gesteuert werden», erklärt Ulrich Trunk. Eine besonders wichtige Eigenschaft des Materials sei, dass es wie das ursprüngliche Erdreich wieder aushubfähig ist.

Für das Verfahren eignen sich fast alle Bodenarten. Das Aushubmaterial der Baustelle kann an gleicher Stelle wiederver-

wendet werden. Der Anwendung muss allerdings ebenfalls eine Baugrunduntersuchung vorausgehen. Das Bodenmaterial wird mit frühestem Zement, Compound/Betonit sowie Wasser vermischt. Der Zement bewirkt eine Verfestigung und den Wasserentzug beim Erhärten. Compound hingegen ist das Gleit- und Bindemittel des Materialgemischs.

«Die Rezepturen sind anspruchsvoll, auch bei hoher Homogenität des Materials. Deshalb werden die Eigenschaften der frischen Mischungen über Ausbreitmass und Absetzverhalten regelmässig kontrolliert», berichtet Trunk. In der Schweiz existiert zum Verfahren noch keine Norm. Dennoch wird es bereits seit über zehn Jahren erfolgreich eingesetzt. «Erkenntnisse und Wissen über Baustoffe und andere Bauverfahren, aber auch die Adaption vorhandener Versuchsverfahren für die Kontrolle des Flüssigbodens sind entscheidend bei der Ausführung.» Bei Anwendungen in der Geotechnik erfolgen die Anwendungen auf Grundlage der mechanischen Eigenschaften.

Das von der RSS Flüssigboden (Schweiz) AG verwendete Verfahren wurde in Deutschland entwickelt und findet dort auf Grundlage der Anforderungen an schadensfreie Flüssigbodenanwendungen des RAL-Gütezeichens 507 landesweit breite Anwendung. Tausende Projekte unterschiedlichen Charakters und Umfangs wurden bereits realisiert.

Praxiserfahrungen zeigen, dass die Verwendung von Flüssigboden zahlreiche Vorteile mit sich bringt. Das eingebaute Material behält die ursprünglichen elastisch-plastischen Bodeneigenschaften bei. Es muss nicht verfestigt werden, kann aber wie das Bodenmaterial der Umgebung bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt problemlos wieder ausgehoben werden. Beim Einbau wird jeder Hohlraum verfüllt, dies auch unterhalb des Wasserspiegels, ohne

sich zu entmischen. Zudem entfällt der Abtransport und die Entsorgung des Aushubmaterials auf der Halde. Wichtige Ressourcen können eingespart werden.

«Bei diesem Verfahren werden eingebaute Leitungen und Rohre nicht durch Setzungen, Spannungen wegen zyklischer Belastung oder Laständerungen beschädigt. Man muss auch nicht gut verdichten wie bei Beton – mit dem Resultat, dass die eingebauten Rohre dann kaputt sind», so Trunk. Und bei erdverlegten Stromkabeln wurde eine weitere positive Eigenschaft von Flüssigboden festgestellt: Gegenüber Sand kann Flüssigboden Wärme gut ableiten, womit höhere Ströme fließen können.

«Die Idee ist nicht neu, aber anspruchsvoll. Wir sind noch nicht am Ziel, das Material komplex darstellen zu können. Doch sicher hat es noch viel Potenzial, unter anderem im Grundwasser- und Gewässerschutz», betont der Bauingenieur.

### Gut eingesetztes Geld

«Beweissicherung – das ist doch hinausgeworfenes Geld», ist eine weitverbreitete Meinung. Der Geschädigte soll doch selber schauen, dass er zu seinem Recht kommt, heisst es dann. «Zum Teil stimmt das. Doch dazu sollte sich jeder selbst seine Meinung bilden, nicht zuletzt aufgrund der eigenen Erfahrungen», sagt Andreas Steiger. Er arbeitet als beratender Ingenieur und leitet ein Unternehmen zur Bauimmissionsüberwachung.

Beweissicherung ist nicht mit Überwachung gleichzusetzen. Bei der Beweissicherung werden Informationen vor Beginn und während des Bauprozesses festgehalten, die zu einem späteren Zeitpunkt eventuell unwiederbringlich verloren gehen könnten. «Dies ist unter anderem wichtig, wenn es zu Auseinandersetzungen mit Nachbarn kommt, die im Spannungsfeld der Baustelle stehen. Die Daten könnten dann für allfällige gerichtliche oder aussergerichtliche Verhandlungen Bedeutung haben», betont Steiger. Als Methode für die Beweissicherung spielen visuelle Aufnahmen – sogenannte Rissprotokolle – eine wichtige Rolle.

Nach VSS 40 312 werden im Rissprotokoll unter anderem die Anzahl, Lage, Breite und Tiefe der Risse protokolliert und beschrieben. Fotos können zusätzliche Klarheit schaffen. Es werden nur Risse aufgenommen, die aus einem Meter Distanz zu erkennen sind. Materialbedingte Abtrennungen wie an Fenstern, Türen oder

Borden werden im Normalfall nicht bemerkt. Die Schadensaufnahme erfolgt ohne spezielle Massnahmen bei einer Begehung. Dabei ist zu beachten, dass klimatische Bedingungen das Rissbild und die Erkennbarkeit der Risse beeinflussen können.

Auch messtechnische Aufnahmen haben eine wichtige Bedeutung. Bei der Höhenmessung mit Nivellement können Setzungen erkannt werden. Sie geben unter anderem auch Hinweise auf Verschiebungen. Wird eine hohe Genauigkeit gefordert, sind geodätische Messungen vorzunehmen. Zur vorsorglichen Beweissicherung können auch Erschütterungs-, Lärm-, Grundwasser- oder Temperaturüberwachungen durchgeführt werden.

Die Überwachung im Bereich Geotechnik hat die Aufgabe, die Sicherheit auf der Baustelle und in deren Umgebung zu gewährleisten und damit den Bauprozess optimal zu steuern. Es sind Informationen, die direkt auf der Baustelle benötigt werden, um die Sicherheit zu garantieren und frühzeitig Massnahmen ergreifen zu können, damit der ausführende Unternehmer seinen Auftrag optimal ausführen kann. Die Methoden stimmen weitgehend mit der Beweissicherung überein. Allerdings bestehen unterschiedliche Anforderungen an die Dokumentation.

### Beweise rechtzeitig sichern

Mit der vorsorglichen Beweissicherung bewege man sich an einer Schnittstelle zu den Rechtsvorschriften. Deshalb seien Rechtskenntnisse durchaus hilfreich, meint Steiger. Die vorsorgliche Beweissicherung basiert auf Grundlage der schweizerischen Zivilprozessordnung. 2008 wurde schweizweit eine Harmonisierung umgesetzt, es bestehen aber weiterhin kantonale Unterschiede. «Das Gesetz ermöglicht den Anspruch, eine vorsorgliche Beweissicherung zu verlangen. Man kann bei Gericht für ein Bauvorhaben eine Verfügung zur Beweissicherung einfordern, wenn die Gefahr besteht, dass später Ansprüche gestellt werden könnten», erläutert Steiger.

Auch bei Bauvorhaben mit Erschütterungen werden laut der VSS-Norm 40 312, 2019-03 Messungen während der Ausführung empfohlen. Diese Norm enthält Kriterien und Richtwerte, bei deren Einhaltung in der Regel an Bauwerken keine Schäden auftreten sollten. «Besonders zu beachten ist dabei jedoch, dass unter der Voraussetzung spezifiziert wird, dass die Bauqualität dem aktuellen Stand der Tech-

nik entspricht. Das ist natürlich vor allem bei älteren Bauwerken überhaupt nicht der Fall», betont der Ingenieur. Die Vorgaben geben klare Anweisungen zur Durchführung und Auswertung von Erschütterungsmessungen.

Grundlagen zur Beweissicherung sind auch in der SIA 118 «Werkvertrag», Artikel 111, zu finden. Darin ist festgehalten, dass es die Aufgabe des Bauherrn ist, vor Baubeginn Beweismittel zu beschaffen. Während der Bauzeit hat die Bauleitung die Aufgabe, zweckmässige Beobachtungen und gegebenenfalls Messungen durchzuführen. Zusammengefasst sind diese Unterlagen dem Unternehmer zur Verfügung zu stellen.

Nicht zuletzt gelten aber auch die Anforderungen des Zivilgesetzbuches. ZGB-Artikel 684 hält fest: «Jedermann ist verpflichtet [...], sich aller übermässigen Einwirkungen auf das Eigentum des Nachbarn zu enthalten.» Verboten sind somit alle nach örtlichen Verhältnissen nicht gerechtfertigten Einwirkungen, unter anderem durch Rauch, Russ, lästige Dünste, Lärm oder Erschütterungen.

### Verjährungsfrist neu drei Jahre

Trotz aller Bemühungen sind Schäden nicht immer zu vermeiden. Ist ein Schaden entstanden, der eine Vermögensänderung bewirkt, besteht Kausalhaftung. Dem Geschädigten unterliegt dabei die Nachweispflicht. Seit dem 1. Januar 2020 besteht in der Regel eine Verjährungsfrist von drei

Jahren nach Kenntnis des Schadens und des Schädigers.

Ziel der vorsorglichen Beweissicherung ist es, Schäden zu vermeiden, ungerechtfertigte Ansprüche abzuwehren und allfällige Schadensregulierungen zu unterstützen. Die Überwachung dient der Sicherheit von Baustelle und Umgebung, dem Schutz vor Immissionen sowie dem Vermeiden von Schäden auf der Baustelle und in der Nachbarschaft. Risiken müssen rechtzeitig erkannt werden, um eine zweckmässige Kombination aus Beweissicherungsmassnahmen und Überwachung entwickeln zu können. Der Umfang ist so abzuwägen, dass eine höchstmögliche Sicherheit geboten werden kann.

«Dennoch ist die Beweissicherung keine absolute Versicherung. Eine 100-prozentige Sicherheit gibt es nicht», erklärt Andreas Steiger. Doch bereits eine gute Kommunikation, vor allem mit der Nahtstelle Nachbarn, kann viel Ärger ersparen helfen. Idealerweise unterliegt diese Aufgabe der Bauleitung. Reklamationen sind möglichst sofort abzuklären. Deshalb muss genau geregelt sein, wer Reklamationen entgegennimmt, wie sie bearbeitet werden und ob zur Abwicklung eventuell Spezialisten herangezogen werden sollen. «Die Qualität der Dokumentation und eine korrekte Kommunikation unterstützen allenfalls die erforderliche Schadensregulierung. Aber trotz bester Vorbereitungen klappt es manchmal doch nicht», weiss Profi Steiger. n



Bei jedem Bauprojekt müssen die Baugrundwerte vor Baubeginn durch ortsspezifische Baugrunduntersuchungen ermittelt werden, um die Fundation und Tragwerke festzulegen.