

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 106 (1988)
Heft: 39

Artikel: Gedanken zur Sicherheit im Grundbau: Erkennen von Gefahren, ein Weg zu mehr Sicherheit
Autor: Vollenweider, Ulrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85810>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sicherheit und Risiko

Gedanken zur Sicherheit im Grundbau

Erkennen von Gefahren, ein Weg zu mehr Sicherheit

Für die Allgemeinheit ist Sicherheit ein absoluter, für die Technik ein relativer Begriff. Aber grundbauliches Schaffen ist immer mit Gefahren verbunden. Um diese erkennen, einschätzen, eliminieren oder beheben zu können, braucht es vielseitige, stets zu ergänzende Kenntnisse und Erfahrungen, Bereitschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit sowie verantwortungsvolles Verfechten der als notwendig erachteten Massnahmen seitens des Ingenieurs.

Vorwort

Schaffen von Sicherheit heisst, Gefahren erkennen und Gefahren begegnen. Im Grundbau ist zunehmend eine

VON ULRICH VOLLENWEIDER,
ZÜRICH

Trennung dieser beiden Aufgaben zu beobachten. Der Baugrundgutachter konzentriert sich auf das erste, der Ingenieur auf das zweite. Baugrundgutachten werden teilweise ohne genaue Kenntnis der bauwerkbezogenen Anforderungen erstellt, und ebenso unbeachtet werden die gebotenen Daten vom Ingenieur, ohne Wissen um die Grenzen der Geotechnik, konsumiert. Die Tätigkeiten werden zunehmend spezifisch, und die Gefahr entsteht, dass sich Baugrundgutachter und Ingenieur nicht mehr verstehen und verständigen können. Diesem Zustand ist entgegenzuwirken.

Sind einmal Gefahren als solche erkannt, so reichen in der Regel Kenntnis und Können des Ingenieurs aus, um diesen Gefahren wirksam zu begegnen. Unerkannte Gefahren dagegen bleiben als echte Bedrohung bestehen.

Die Feststellung verdient beachtet zu werden, dass der Ingenieur überqualifiziert ist in der theoretischen Bewältigung grundbaulicher Aufgaben, aber unterqualifiziert in seinem Vermögen, Baugrundverhalten materialtechnisch richtig zu verstehen. Auch auf dieser Ebene ist eine als Gefahr erkennbare Spaltung im Wissen zu beobachten.

Bisherige Artikel sind erschienen im «Schweizer Ingenieur und Architekt», Heft 15/88, Seiten 415-428, Heft 18/88, Seiten 505-512, Heft 35/88, Seiten 963-965.

Die Praxis lehrt, dass die meisten Schäden und Unfälle als Folge grober Verstösse gegen die Regeln der Baukunde – als Nichterkennen von Gefahren – zu werten sind. Eine graduelle Änderung eines operativen Sicherheitsmasses oder eines theoretischen Sicherheitskonzeptes ändert am derzeitigen Zustand wohl wenig – eine Konzentration auf die primäre Pflicht des Ingenieurs, Gefahren zu erkennen, vermutlich wohl mehr. Dies im Auge, ist der vorliegende Beitrag nicht neuester wissenschaftlicher Erkenntnis oder sicherheitsrelevanten Theorien, sondern einfach und bescheiden dem Thema «Erkennen von Gefahren» gewidmet.

Zum Thema Sicherheit

Der Mensch, die Gesellschaft, die Öffentlichkeit, der Ingenieur, alle streben nach Sicherheit. Doch was ist Sicherheit? Für die Allgemeinheit bedeutet Sicherheit der Zustand des Unbedrohtheits, der sich im Vorhandensein von Schutz resp. Fehlen von Gefahren ergibt. Für den Ingenieur bedeutet Sicherheit, die Beschränkung des Unfallrisikos aus versagenden Tragwerken, Tragelementen und technischen Einrichtungen auf akzeptierbar kleine Werte. *Für die Allgemeinheit ist Sicherheit ein absoluter, für die Technik ein relativer Zustand.* Ein Ansatzpunkt für Missverstehen?

Dem Ingenieur, der dem Bedürfnis der Menschen entsprechend ein Bauwerk zu durchdenken und zu realisieren hat, stellt sich die Aufgabe:

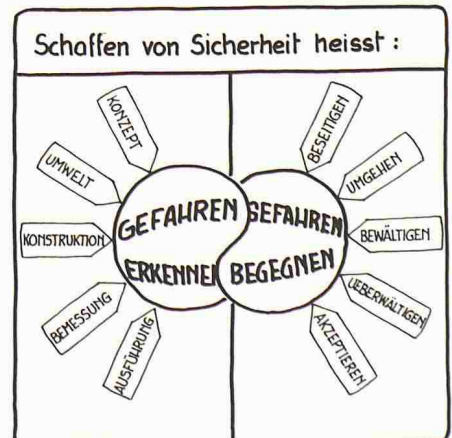
- Anforderung und Nutzung des Bauwerkes zu erfassen, Tragsysteme zu entwerfen und das Tragverhalten modellmässig zu analysieren,



- Gefahren, die Errichtung und Bestand des Bauwerks bzw. die Sicherheit der Benutzer tangieren, aufzuspüren, zu erkennen,
- Massnahmen festzulegen, anzuordnen und zu ergreifen, mit denen Gefahren abgewehrt, ausgeschlossen, eliminiert werden können, Zusammengefasst: *Sicherheit zu schaffen.*

Schaffen von Sicherheit bedeutet also weit mehr, als nur gerade den Nachweis einer rechnerischen Tragwerksicherheit zu erbringen. Schaffen von Sicherheit bedeutet im weitesten Sinne Gefahren erkennen und Gefahren beseitigen, resultieren sie nun aus menschlicher Tätigkeit (Irrtum, Fehler, Unwissenheit, Nachlässigkeit) oder aus der natürlichen Umwelt (Wind, Wasser, Schnee, Baugrund). Alles, was Errichtung und Bestand eines Bauwerkes bedrohen kann – nicht nur Statik und Bemessung – ist grundsätzlich als potentielle Gefahr zu erkennen. Eine Binsenwahrheit? Gewiss, aber leider oft verkannt!

Würde nur Schaffen von Sicherheit ingenieurmässiges Handeln bestimmen, so wäre des Menschen und der Gesellschaft Streben nach Sicherheit, nach



Schutz vor Gefahren wohl einfacher zu befriedigen. In Wirklichkeit hat aber der Ingenieur eine weit schwierigere Aufgabe zu erfüllen. Sein Handeln ist geprägt von einem ständigen Kampf zwischen konkurrierenden Interessen wie:

- Schaffen von Sicherheit,
- Streben nach Wirtschaftlichkeit,
- Erfüllen von Terminen,
- Befriedigen ästhetischer und umweltbezogener Ansprüche,
- Wahren der eigenen Konkurrenzfähigkeit.

Im Grundbau ist dieses Ringen zwischen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit besonders offenkundig. Könnte man unbesehen von Kosten und Terminen den Baugrund umgraben, untersuchen, analysieren und verbessern und schliesslich erst noch die sicherste Lösung wählen, so wäre das Problem Sicherheit wohl kaum ein ernsthaftes Thema. Solch Tun entspräche aber weder der Berufsethik des Ingenieurs, noch seinem Berufsstolz nach wirtschaftlichem Handeln. Das Spannungsfeld ist somit inhärent vorhanden und der Kampf oder das Ringen um Sicherheit bleibt bestehen.

Es wurde festgestellt: Schaffen von Sicherheit heisst Schutz vor Gefahren bieten oder aber Gefahrenquellen eliminieren. Um dieses Ziel zu erreichen, ist Kenntnis der Gefahren erforderlich. Wissen um Gefahren kann dabei geordnet werden in:

Stufe 1: Gefahren erkennen (Grundwissen, Intuition)

Stufe 2: Ursachen von Gefahren verstehen (naturwissenschaftliche Erkenntnisse)

Stufe 3: Intensität und Häufigkeit von Gefahren beschreiben (Wahrscheinlichkeitstheorie, Mathematik)

In diesem Erkenntnisprozess hat Stufe 1, «Gefahren erkennen», prioritäre Bedeutung. Ist einmal eine Gefahr als solche erkannt, kann man sich in den meisten Fällen, wenn auch nicht immer wirtschaftlich optimal, so doch ausreichend dagegen schützen. Höhere Erkenntnis bis hin zur komplexen Wahrscheinlichkeitstheorie als Grundlage verfeinerter Risikoanalysen erwachsen aus der wissenschaftlichen Neugier und dem steten Streben nach wirtschaftlich optimalerem Handeln. Wieweit der Ingenieur im einzelnen um diese Erkenntnis wissen muss, sei hier offengelassen.

Im Zusammenhang mit der Revision technischer Normen, insbesondere mit neuen Sicherheitskonzepten (Schweiz: SIA 260, Deutschland: GruSiBau, Europa: Eurocode EC 1 usw.), wird viel

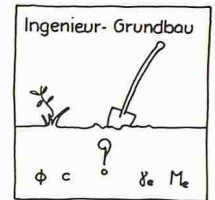
über Sicherheit gedacht und geschrieben. Dabei fällt auf, dass in Fach- und vor allem Wissenschaftskreisen vornehmlich wahrscheinlichkeits-theoretische Überlegungen zu Gefahren aus der Umwelt Beachtung finden.

Zum Thema «Gefahren erkennen», besonders wenn diese ihre Wurzeln im menschlichen Umfeld haben, ist dagegen kaum je Handfestes und Aussagekräftiges zu vernehmen. Oder täuscht sich der Schreibende? Grund für diese ungleiche Behandlung dürfte sein: Erkennen von Gefahren ist Aufgabe der Ausbildung und wird beim Ingenieur als Grundwissen vorausgesetzt. Wahrscheinlichkeitstheorie und Risikoanalysen sind Wissenschaft, bedeuten Fortschritt und zählen zur angewandten Forschung. Auch gut so. Analysiert man aber das Geschehen in der Praxis, wie dies z.B. die ETH-Studie Schneider-Matousek 1976 getan hat, so stellt man fest, dass Verstösse gegen elementare Regeln der Baukunst, das heisst Nichterkennen von Gefahren, die weitaus häufigste Ursache von Unfällen und Schäden sind. Wohl nur wenige Schadenfälle hätten durch bessere und breiter vermittelte wahrscheinlichkeits-theoretische Überlegungen eliminiert werden können. Dies ist keine Stellungnahme gegen Forschung auf dem Gebiet theoretischer Sicherheitsüberlegungen, sondern eine Aufforderung, das primäre Anliegen der Praxis, Gefahren erkennen zu helfen, nicht aus dem Auge zu verlieren.

Der Schreibende ist der Meinung, dass mit dem riesigen und bald kaum mehr überblickbaren Akkumulieren von technischem Wissen dieses grundsätzliche Anliegen in Zukunft noch vermehrt an Bedeutung gewinnen wird. Denn auch für Wissenschaft und Technik gilt: Sieht man vor lauter Bäumen den Wald nicht mehr, so ist dies als Alarmzeichen, als Gefahr zu werten!

Das Besondere des Grundbaues

Es darf wohl mit Recht darauf hingewiesen werden, dass nicht nur Grundbauer und Geotechniker Grundbau betreiben, sondern ebenso sehr oder noch vielmehr der Bauingenieur in der Praxis, der sein Bauwerk zu gründen hat. Grundbau und Geotechnik sind daher nicht nur Tätigkeitsgebiete für Spezialisten, sondern gleichermassen auch ein Wissensgebiet für alle im konstruktiven Ingenieurbau tätigen Ingenieure. Wer dies verkennt, handelt gefährlich! Davon ausgehend sei auf einige Besonderheiten des Grundbaues (Bauen mit und im Boden) im Vergleich zum konstruktiven Ingenieurbau (Massivbau, Stahl-

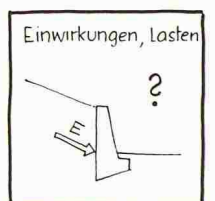
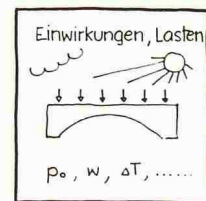


bau, Holzbau) hingewiesen. Die gewählte Abgrenzung ist etwas willkürlich, denn tatsächlich zählen auch Teile des Grundbaues zum konstruktiven Ingenieurbau. Die offenen Fragen werden gestellt, um kritisches Denken anzuregen.

Ingenieurmässiges Handeln wird allgemein von der Maxime geleitet, bei der Errichtung von Bauwerken, unter Wahrung bestimmter Ansprüche, Gebrauchstüchtigkeit und Tragfähigkeit sicherzustellen. Dies gilt für den konstruktiven Ingenieurbau wie auch für den Grundbau. Doch die Wege, dieses Ziel zu erreichen, sind für die betrachteten Fachgebiete recht verschieden. Nachfolgende Hinweise mögen diese Behauptung mit Argumenten belegen.

Lastseite

Die SIA Norm 160, «Lasten», liefert für die meisten Ingenieuraufgaben klar definierte Lastwerte (Wind, Schnee, ständige Lasten usw.). Vergleichsweise sind im Grundbau Einwirkungen wie Erddruck, Wasserdruck oder Setzungen nur auf der Basis der Baugrunderkundung und in ingenieurmässiger Beurteilung durch den Ingenieur selbst zu ermitteln. Haben diese Werte in jedem Fall die Qualität von Normenwerten?



Materialseite

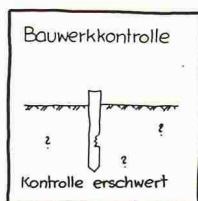
Im konstruktiven Ingenieurbau kann der Ingenieur seinen Werkstoff, sei es Stahl, Beton oder Holz, massgeschneidert im Werk bestellen und in bestimmter Güte herstellen lassen. Wie verhält es sich diesbezüglich im Grundbau? Entspricht die Baugrundbeschreibung in allen Fällen der tatsächlichen Baugrundbeschaffenheit, oder sind grössere Abweichungen oder gar gänzlich andere Baugrundformationen nicht auch möglich?



Der vom Ingenieur vorgesehene Werkstoff wird gemäss Bestellung in definierter und garantierter Güte geliefert. Entspricht er nicht der geforderten Qualität, kann die Annahme vom Ingenieur verweigert werden, resp. kann für nicht erkennbare Mängel der Lieferant haftbar gemacht werden. Wie steht es hier im Grundbau? Der Ingenieur hat zwar eine Baugrundbeschreibung, aber kann diese Beschreibung das Gütesiegel der Qualitätsgarantie eines Werkstoffes haben, und wer ist für die Mängel an dem vom Bauherrn gelieferten Baugrund haftbar zu machen? Der Bauherr, der Baugrundgutachter, der Ingenieur?

Bauwerkabnahme

Im konstruktiven Ingenieurbau kann in der Regel das Bauwerk auf der Baustelle begutachtet, kontrolliert und abgenommen werden. Im Grundbau ist dies nur sehr bedingt der Fall, da man zwar das anstehende Material beurteilen kann, ein Einblick in tiefere Zonen jedoch meist verborgen bleibt. Wie stellt sich hier das Problem der Bauwerk- und der Baugrundabnahme?



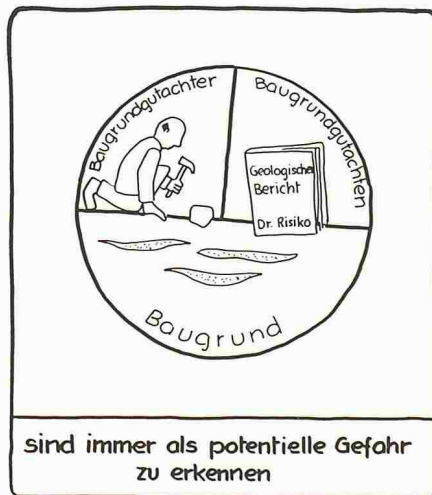
Es gäbe noch weitere Merkmale zu erwähnen, die den Grundbau vom konstruktiven Ingenieurbau unterscheiden, z.B. den Stand der Normierung mit Angabe von Bemessungswerten, die Massgarantie mit verbindlichen Toleranzgrenzen oder die Vorschriften bezüglich des konstruktiven Sicherheitsmasses. Die vorstehenden Hinweise sollten Beweis genug sein, dass erhebliche Unterschiede zwischen den Fachbereichen konstruktiver Ingenieurbau und Grundbau bestehen.

Diese Unterschiede sind nicht nur, wie vielfach die Meinung besteht, eine Frage der Grösse des Streumasses, des Variationskoeffizienten. Der Baugrund ist nun einmal in einer dem Ingenieur verborgenen Entwicklung entstanden. Die Nadelstiche, die ausgeführt werden um den Baugrund zu erkunden, werden selten volle Klarheit über die Beschaffenheit und das physikalische Verhalten



des Werkstoffes Baugrund vermitteln können. Im Grundbau liegen die Schwierigkeiten nicht in der statischen Berechnung oder der Konstruktion, sondern meist in der Unsicherheit der Bestimmbarkeit des Materialverhaltens.

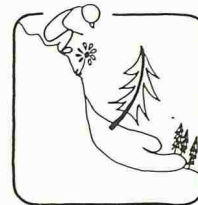
Als Erkenntnis aus dieser Gegenüberstellung folgt: Baugrund ist meist mit unbestimmten und zum Teil auch unbestimmbaren Unsicherheiten behaftet. Baugrund, Baugrundgutachter und Baugrundgutachten sind deshalb aus objektiver Sicht immer als potentielle Gefahr zu betrachten. Der Ingenieur ist gut beraten, sich dessen bewusst zu sein und alles daran zu setzen, um die Grenzen der Verlässlichkeit der erhaltenen Informationen in Erfahrung zu bringen. Ein Baugrundgutachten ist keine Norm, und Baugrunddaten sind keine Normwerte.



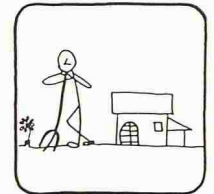
Schaffen geotechnischer Erkenntnis

Grundbau setzt eine ausreichende Kenntnis von Baugrund und Baugrundverhalten voraus. Mit Kenntnis von Geologie und Geotechnik und mit Hilfe der Baugrunderkundung kann diese Kenntnis gewonnen werden. Diese Tätigkeit ist ernstzunehmen, denn nur mit dem Mittel der Baugrunderkundung können baugrundtechnische Gefahren erkannt und Bauwerke nach geltendem Ingenieurstandard erstellt werden.

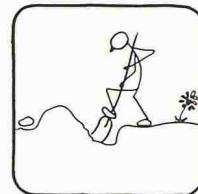
Kenntnis von Baugrundbeschaffenheit und baugrundtechnischem Verhalten kann und sollte in mehreren Stufen erarbeitet werden. Wenn auch für diese Arbeit ein Einsatz von Geologen und Geotechnikern naheliegend erscheint, so muss dies nicht in allen Fällen zwingend nötig sein. Wesentlich ist, dass in jedem Fall eine Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung ausgeführt wird und man sich über den Stand der gewonnenen Erkenntnis Rechenschaft gibt.



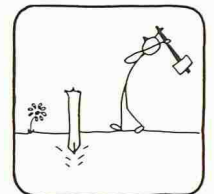
Geländestudium



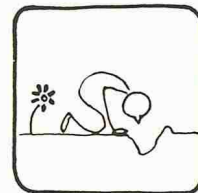
Erfahrung sammeln



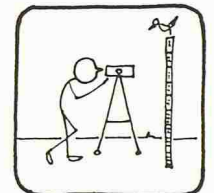
Sondierungen



Baugrundtests



Baugrundkontrollen



Geotechn. Messungen

In Tabelle 1 sind stichwortartig Mittel und Wege zur Erarbeitung baugrundrelevanter Grundlagen zusammengestellt. Nicht in allen Fällen sind auch zwingend alle Erkundungsstufen erforderlich. Für eine generelle Beurteilung der Verhältnisse genügt eine Untersuchung auf Stufe 1 und 2 mit dem Ziel: Erkennen der wesentlichen baugrundbedingten Gefahren. Als Grundlage der Bauwerkrealisierung sind jedoch, je nach Gefährdungspotential, zusätzlich Stufe 3 bis 5 auszuführen. Der Umfang der Arbeiten auf den einzelnen Stufen wird nach wirtschaftlichen Überlegungen durch das Baugrund- und Bauwerkrisiko bestimmt.

In der Darstellung der Tabelle 1 wird versucht, den mit den einzelnen Erkundungsstufen erreichbaren, für das Bauwerk relevanten Erkenntnisstand zu quantifizieren. Die Einstufung ist subjektiv, ohne Anspruch auf Allgemeingültigkeit. Wichtiger als die quantitative Einstufung sind nachfolgende Erkenntnisse:

- Bereits mit dem einfachen Mittel der baugrundbezogenen Vorerkundung kann in vielen Fällen schon ein hoher Erkenntnisstand gewonnen werden.
- Ein wesentliches und auch wirtschaftliches Mittel zur Schaffung von Erkenntnis sind Baubegleitung und Bauwerkkontrollen, und

Erkundungsstufe	Tätigkeit	Erkenntnis	Erreichbarer Erkenntnisstand
1 Vorerkundung	<ul style="list-style-type: none"> - Konsultieren von geologischen Quellen und Archiven - Befragung an Ort (Bauern, Bauunternehmer usw.) - Geländebegehung mit Studium geologisch-topografischer Erscheinungen - Studium benachbarter Bauwerke 	<ul style="list-style-type: none"> - Genereller geologisch-geotechnischer Überblick - Erkennen wesentlicher Gefahren 	30-60%
2 Generelle Baugrunderkundung	<ul style="list-style-type: none"> - Ergänzen und Verifizieren der Vorerkundung durch einige Schlüssel Sondierungen (Bohrungen, Sondierschächte) - Studium geologischer Erscheinungen - Literaturstudium 	<ul style="list-style-type: none"> - Vertiefung der Einsicht in die geologisch-geotechnischen Zusammenhänge - Erkennen wesentlicher Gefahren 	40-70%
3 Objektspezifische Baugrunderkundung	<ul style="list-style-type: none"> - auf Bauwerk und grundbautechnische Fragen ausgerichtete Baugrunduntersuchung (Sondierbohrungen, Sondierschächte, Rammsondierungen) - Ausführung von materialtechnischen Untersuchungen (Labor) - geotechnische und erdstatische Überlegungen - Literaturstudium 	<ul style="list-style-type: none"> - detaillierte geologisch-geotechnische Erkenntnis - Angabe von Bemessungsgrundlagen - Erkennen und Beschreiben der Gefahren 	60-80%
4 Geotechnische Baubegleitung	<ul style="list-style-type: none"> - Baugrundaufnahmen und Baugrundprüfung - Interpretation von Baugrundbeobachtungen - Empfehlen von Schutzmassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> - Erkennen versteckter und Verfolgen akzeptierter Gefahren 	70-90%
5 Baugrund- und Bauwerküberwachung	<ul style="list-style-type: none"> - Ausführen von auf geotechnische Gefahren ausgerichteten Baugrundkontrollen (visuell, messtechnisch) - Interpretation von Kontrolle und Messungen - Empfehlen von Schutzmassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> - Erkennen versteckter und Verfolgen akzeptierter Gefahren - Erweitern geotechnischer Erkenntnis 	80-100%

Tabelle 1. Einstufung geologisch-geotechnischer Tätigkeit

- auch unter Einsatz aller wirtschaftlich vertretbaren Mittel ist selten eine nach baupraktischen Kriterien «absolute Erkenntnis» zu erhalten.

In vielen Fällen finden weder die hohe Aussagekraft der Vorerkundungen noch die verbleibenden Restunsicherheiten geotechnischer Erkenntnis angemessene Beachtung. Ersteres kann, da ein rein wirtschaftliches Problem, hingenommen werden, während letzteres - ein echtes Sicherheitsproblem - zu Bedenken Anlass gibt. Ziel jeder Baugrunderkundung sollte sein, Gefahren zu erkennen, aufzudecken und darzustellen. Sache der Ingenieurtechnik bleibt, Mittel und Weg zu finden, um Gefahren eliminieren oder aber beherrschen zu können. (Tabelle 1)

Dies Tun hat, als Folge der Unvollkommenheit menschlicher Erkenntnis, meist auf imperfekten Grundlagen zu erfolgen. Weiss man darum, so kann man sich dagegen entsprechend schützen. Kennt man die Grenzen nicht, so riskiert man, von Gefahren überrascht zu werden.

Gefahren des Grundbaus

Es kann hier niemals darum gehen, alle Gefahren des Grundbaues auflisten zu

wollen. Dies wäre, weil Wesentliches mit Unwesentlichem vermischt werden müsste, bereits selbst wieder eine Gefahr. Es soll vielmehr versucht werden, auf die wichtigsten Gefahren des Grundbaues, die nach praktischer Erfahrung zu Schwierigkeiten führen können, summarisch hinzuweisen. Grundbaubezogene Gefahren können in 3 Kategorien gegliedert werden:

- Baugrundbezogene Gefahren (Baugrundverhalten)
- Bauwerkbezogene Gefahren (Bauwerkverhalten)
- Subjektbezogene Gefahren (menschliches Fehlverhalten)

Dabei ist festzuhalten, dass eine klare Abgrenzung zwischen den 3 Gefahrenkategorien kaum eindeutig zu ziehen ist. Vielfach hängen alle 3 Kategorien direkt oder indirekt miteinander zusammen.

Baugrundbezogene Gefahren

Baugrundbezogene Gefahren beziehen sich in erster Linie auf das Baugrundverhalten. Die Tabelle 2 der baugrundbezogenen Gefahren vermittelt einen generellen Überblick. Klärend ist darauf hinzuweisen, dass grundsätzlich jedes Matrixfeld Baugrundtyp/Bau-

grundverhalten eine potentielle Gefahr darstellt, jedoch nicht alle Gefahren auch gleich bedeutend sind. Die mit Punkten bezeichneten Felder verdienen wegen erhöhter Gefährdung besondere Beachtung. Die Tabelle beschreibt die Verhältnisse unter grober Vereinfachung, fehlen doch typische Böden wie z.B. Seekreide, Gehängelehm, verschwemmte Moräne oder Hinweise auf wesentliche Einflüsse wie z.B. Vorbelastung, Lagerungsdichte und Kornabstufungen. Dies ist bekannt. Die Gefahrentabelle ist ein Kompromiss und eine Konzession an die Übersichtlichkeit und die Einfachheit. (Tabelle 2)

Dass weiche organische Böden für praktisch alle grundbaulichen Aufgaben immer eine grosse Gefahr darstellen, dürfte oder sollte bekannt sein. Dass aber z.B. siltig-feinsandige Seeablagerungen wegen Strukturempfindlichkeit und Verflüssigung oder Molassemergel wegen deformationsabhängigem Scherfestigkeitsverlust ein echtes Problem ergeben können, ist vermutlich weniger geläufig. Es sollte aber doch zu den Regeln der Baukunde zählen, über die spezifische Gefährlichkeit der verschiedenen Baugrundtypen, wie sie z.B. die Tabelle 2 ausweist, Bescheid zu wissen.

Bauwerkbezogene Gefahren

Bauwerkbezogene Gefahren beziehen sich in erster Linie auf unerwartetes Bauwerkverhalten. Eine klare Grenzziehung zwischen unerwartetem Bauwerkverhalten und schlechtem Baugrundverhalten ist naturgemäss nicht möglich. Ohne Überraschungen im Baugrund ist in den seltensten Fällen ein schlechtes Bauwerkverhalten zu erwarten.

Die Liste der bauwerkbezogenen Gefahren in Tabelle 3 ist nicht vollständig. Sie zeigt lediglich 8 relativ häufig vorkommende grundbautechnische Problemfälle. Die Liste könnte mit Leichtigkeit um echte Probleme wie z.B. Verankerung in vorbelasteten, bindigen Böden (Molassemergel, Moräne) oder hydraulischer Grundbruch bei Baugruben in geschichteten, siltig-sandigen Böden erweitert werden. Es ist auch wahrscheinlich, dass andere Autoren vermutlich andere Prioritäten setzen würden.

Wie bereits bei den baugrundbezogenen Gefahren, zählt das Wissen um die bauwerkbezogenen Gefahren zu den Regeln der Baukunde. Ein Ingenieur, der ohne spezielle Vereinbarung mit der Bauherrschaft z.B. ein Gebäude auf organischen Böden gründet oder unbesehen einen ungesicherten Felsanschnitt im Mergelfels ausführen lässt, handelt gefährlich.

Subjektbezogene Gefahren

Unter subjektbezogenen Gefahren ist menschliches Fehlverhalten zu verstehen. Dazu sind zu zählen: Irrtum, Fehler, Unwissenheit, Fahrlässigkeit, Ignoranz usw. Auch hier ist die Liste gefährlichen Verhaltens in Tabelle 4 nicht umfassend, sondern beinhaltet nur wiederum 8 relativ häufig im Grundbau zu beobachtende menschliche Fehler bzw. Gefahren.

Die Tabelle 4 beschreibt Fälle menschlichen Fehlverhaltens, gibt aber keine Erklärung, wie und warum es dazu kommen kann. Die Ursachen können sehr vielfältig sein, meistens sind es aber:

- Überschätzen der eigenen Fähigkeiten resp. fehlende Qualifikation,
- Unterschätzung der gestellten Aufgabe,
- sich leiten lassen von äusseren Zwängen wie Kosten- und Zeitdruck,
- sich irritieren lassen von Spezialisierung und Technologie,
- Unfähigkeit, eigene Schwächen oder Fehler einzugestehen,
- Missverständnis über Abgrenzung der Verantwortung.

Baugrundverhalten	Verformungen	Scherfestigkeit	Durchlässigkeit	Porenwasserdruck	Erschütterungen	Auflockerung	Bemerkungen
Baugrundtyp							
Verladungssedimente, weiche, organische Böden	●	●					Grundsätzlich immer gefährlich, sehr grosses Setzungsmass
Feinkörnige Seeablagerungen, tonig-siltige Böden	●	●		●			Grosses Setzungsmass, geringe Scherfestigkeit. Starke Streuung
Grobkörnige Seeablagerungen siltig-sandige Böden				●	●	●	Dynamischer Scherfestigkeitsverlust, Gefahr der Verflüssigung, starke Streuung
Bach- und Flussablagerungen kiesig-sandige Böden			●		●		Grosse und sehr stark streuende Durchlässigkeit. Teilweise erschütterungsempfindlich
Moräne, bindig-kiesig-sandige Böden				●		●	Grosse Heterogenität, Blockanteil. Grundwasserstauer, Auflockerung
Molassefels, weicher Mergel		●				●	Stark streuende Scherfestigkeit, Scherfestigkeitsverlust (Restscherfestigkeit), Wasserstauer, Auflockerung, Quellen
Molassefels, Sandstein und Nagelfluh				●			Wechselnde Gesteins Härte, weich bis sehr hart. Kluftwasser.

● erhöhte Gefährdung

Tabelle 2 Baugrundbezogene Gefahren

Bauvorhaben	Gefahr
1 Terrainauf- und anschlüpfungen bei Hochbauten	Gebäudesetzung aus Zusatzbelastung (Spannungseinfluss, negative Mantelreibung)
2 Überdeckung bei Untertagbauten, Tiefgaragen	Überbeanspruchung durch unkontrollierte Lasteinwirkung (nachträgliche Terraingestaltung)
3 Hanganschnitte in Molassemergel	Hangrutschung wegen Scherfestigkeitsverlust, (Restscherfestigkeit)
4 Bauten auf und in organischen Böden	Setzungen infolge geringer Scherfestigkeit und geringer Baugrundsteifigkeit
5 Tiefe Baugruben in überbautem Gebiet	Setzungen und Verschiebungen durch Bauwanddeformationen (Baugrundspannungen)
6 Grundwasserabsenkungen in Alluvialböden	Setzungen infolge Baugrundbelastung und Materialausschwemmungen
7 Anker- und Pfahlarbeiten in Silt- und Feinsanden	geringe Tragfähigkeit durch Baugrundstörung (Rekonsolidierungsproblem)
8 Rammen und Ziehen von Spundwänden und Pfählen in lockeren, nichtbindigen Böden	Setzungen infolge Erschütterungen, speziell bei Vibratoren

Tabelle 3. Bauwerkbezogene Gefahren

Gefahr	Ursache
1 Keine oder ungenügende Baugrunduntersuchung	Fehlende Kenntnis der Möglichkeiten und Grenzen der Geotechnik. Falsche Beurteilung der Verantwortung, Unwissenheit
2 Blindes Vertrauen in Baugrundgutachter oder Baugrundgutachten	Mangelnde Kenntnis der Grenzen der Geotechnik. Zuviel Respekt vor Spezialisten. Mangelndes Selbstvertrauen
3 Fehlendes Gespräch zwischen Ingenieur und Baugrundgutachter	Überheblichkeit und/oder Fehleinschätzung von Möglichkeit und Grenzen der Geotechnik, Fahrlässigkeit
4 Ungenügendes Baugrundgutachten	Mangelnde Erfahrung. Fehlbeurteilung der bauwerkspezifischen Anforderungen. Äussere Zwänge
5 Ersatz von baugrundtechnischer Erfahrung durch theoretische Überlegungen	Falsche Beurteilung der Geotechnik. Überschätzen der Möglichkeiten der Mathematik (Computerverwirrung), Degeneration im Ingenieurdenken
6 Fehlende Qualitätskontrollen	Fehlendes Verständnis für die Sachgebiete Grundbau und Geotechnik. Unklare Regelung der Verantwortung
7 Falsche Bauweise oder Baumethode	Fehlende Kenntnis in Grundbau und Geotechnik, Unqualifiziertheit
8 Fehlende umfassende Sicherheitsbeurteilung	Unklare Regelung der Verantwortung. Fehlendes Sachverständnis. Aufteilung integral zu lösender Aufgaben

Tabelle 4. Subjektbezogene Gefahren, menschliches Fehlverhalten

Analysiert man die vordergründigen Ursachen menschlichen Fehlverhaltens, so stösst man dabei nicht selten auf den heiklen Punkt der *Verantwortung des Bauherrn* resp. des Auftraggebers. Die Frage stellt sich: Wie weit geht seine Pflicht, die fachliche Kompetenz und Qualifikation des Beauftragten, des Ingenieurs, des Geotechnikers oder des Geologen abzuklären? Wie verhält es sich, wenn er den Beauftragten bezüglich Honorar, Kosten oder Terminen direkt oder indirekt, unter Druck setzt? Ohne das Thema der Verantwortung des Bauherrn hier klären zu wollen, kann festgestellt werden, dass ein Bauherr gefährlich handelt, der z.B.:

- eine Baugrunduntersuchung submittieren lässt und zur Vergabe das billigste Angebot wählt,
- Projekt und Bauleitung für eine Baugrube einem Architekten überträgt,
- wegen Termin- und Kostengründen sicherheitsrelevante Bauarbeiten nicht ausführen lässt,
- für ein anspruchsvolles Bauvorhaben einen ungenügend qualifizierten Ingenieur wählt.

Dies entlastet aber den Beauftragten keineswegs von seiner Verantwortung, sondern macht lediglich im Schadenfall *den Auftraggeber mitverantwortlich*. Vorstehende Bemerkungen sollen zei-

gen, dass Gefahren nicht nur vom Baugrund, vom Bauwerk oder vom Beauftragten, sondern, und vermutlich nicht selten, auch vom Auftraggeber ausgehen können.

Welche Schlussfolgerungen sind zu ziehen?

Erkennen von Gefahren

Grundbauliches Schaffen ist immer mit Gefahren verbunden. Die grösste Gefahr ist aber im menschlichen Fehlverhalten, im Verkennen von Gefahren und im falschen Erfassen des Baugrundverhaltens zu erkennen. Will man im Grundbau einen (noch) besseren Zustand erreichen, so ist primär auf menschlicher Ebene eine Veränderung bzw. Verbesserung anzustreben. Baugrundbezogene Gefahren und Grenzen geotechnischer Erkenntnis sind bewusst zu machen, Baugrunddaten sind kritisch zu hinterfragen. Ein Weg dazu könnte die nachstehende Regel für kritisches Denken sein. Der Schreibende ist überzeugt, dass auf dem Gebiet Geotechnik/Grundbautechnik vermehrt kritisches Denken im Sinne der Fragestellung gemäss Tabelle 5 erforderlich ist und hilfreich sein könnte.

Fragen zur Erkennung von Gefahren
1. Was muss ich wissen? (Anforderung Bauwerk)
2. Was weiss ich? (der Ingenieur)
3. Was weiss er? (der Baugrundgutachter)
4. Was kann ich wissen? (objektive Erkenntnis)

Tabelle 5. Regel zu kritischem Denken

Fragen zur Abwehr von Gefahren
1. Ist es wahr, dass die Annahmen stimmen?
2. Was passiert, wenn sie nicht stimmen?
3. Was mache ich, wenn das passiert?
4. Wie kontrolliere ich, ob das passiert?

Tabelle 6. Das Gewissen des Grundbauers

Wenn auf eine der 4 gestellten Fragen keine Antwort gegeben werden kann, ist das bereits ein Hinweis, der zur Vorsicht mahnt. Unbewusstes Nichtwissen kann mit Nichterkennen von Gefahren verbunden sein. Bewusstem Nichtwissen kann mit angemessenen Massnahmen (Konzeptänderung, Überdimensionierung, Überwachung, Kontrollen usw.) begegnet werden. Im Grundbau wird immer ein gewisses Mass an Nichtwissen vorhanden sein.

Abwehr von Gefahren

In einem weiteren Schritt, der nicht mehr auf Erkennen, sondern auf Agieren ausgerichtet ist, können die in Tabelle 6 zusammengestellten Fragen einen Weg zu besserem Handeln weisen. Der Schreibende bezeichnet die Fragen als das Gewissen des Grundbauers. Sie sind eine logische Fortsetzung der Regel kritischen Denkens. Da der Beitrag nicht primär der Abwehr von Gefahren, sondern deren Erkennen gewidmet ist, wird auf eine weitere Behandlung dieses Themas hier verzichtet.

Kontrollen

Heute wird sehr viel, mitunter auch im Grundbau, von Überwachung, von Kontrollen und Kontrollplänen gesprochen. Die Meinung ist weitverbreitet,

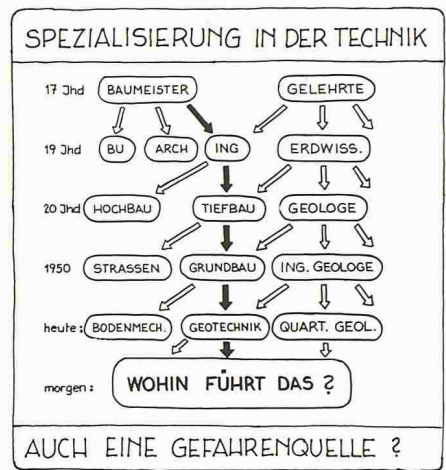
mit umfangreichen und systematisch durchgeführten Kontrollen sei fehlerhaftem Handeln beizukommen. Dies trifft nur teilweise zu. Kontrollen sind vor allem wichtig, wo Gefahren grundsätzlich erkannt, aber Umfang und Intensität im voraus unbestimmbar sind – also als Mittel zur Überwachung akzeptierter Risiken. Bei unerkannten Gefahren hingegen sind Kontrollen, ausser per Zufall, kein sehr taugliches und sicheres Mittel zur Aufdeckung solcher Gefahren.

Regeln der Baukunde

Wissenschaft und Technik entwickeln sich unaufhörlich weiter. Mit ihnen auch, als positive Erscheinung, die wissenschaftliche Erkenntnis und, als negative Erscheinung, die fachspezifische Spezialisierung. Der Ingenieur hat sich dem verändernden Stand der Technik anzupassen und bei seinem Wirken die Regeln der Baukunst zu beachten. Fehler, die vor 20 Jahren noch tolerierbar waren, gelten heute als Verstoss gegen ingenieurtechnisches Können.

Das Geschehen in der Praxis zeigt, dass die meisten Schäden und Fehler aus trivialen Verstössen gegen die Regeln der Baukunde resultieren. Soll im Bauwesen eine Verbesserung erzielt werden, ist primär diesem Umstand entgegenzuwirken. Einfachen Fehlern sollte eigentlich mit einfachen Mitteln beizukommen sein.

Der Schreibende ist überzeugt, dass mit den Fragen zu kritischem Denken und den Fragen zum Gewissen des Grundbauers ein solch einfaches Mittel gegeben sein kann. Es setzt allerdings ein minimales Mass an Aufklärung, Kooperationsbereitschaft, Erfahrungsaustausch und Selbstkritik voraus. Vor allem letzterem ist grösste Beachtung zu schenken. Es ist keine Schande, etwas nicht zu wissen, aber es ist gefährlich, bei der beruflichen Tätigkeit eigenes Nichtwissen zu ignorieren. *Abhilfe bringen lebenslange Weiterbildung und Ratsuchen, wo Rat zu finden ist – der Ingenieur ist diese Verpflichtung der Gesellschaft schuldig.*



Als Schlussfolgerung gilt: *Man kann nie alles wissen, aber man muss das Wesentliche wissen, und wesentlich ist: Gefahren erkennen.*

Adresse des Verfassers: U. Vollenweider, Dr. Ing. ETH, Dr. U. Vollenweider AG, Beratende Ingenieure ETH/SIA, Hegarstr. 22, 8032 Zürich.

Der Feuchteschutz von Gasbeton-Aussenbauteilen

Baufeuchte, Regenfeuchte, Wohnfeuchte

Feuchtigkeit beeinflusst die Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen. Voraussetzung für einen guten Wärmeschutz ist daher ein ausreichender Feuchteschutz. In den letzten Jahrzehnten wurden viele Untersuchungen über Feuchtetransport und Feuchteverhältnisse durchgeführt, sowohl an Gasbetonproben im Laboratorium, als auch an grossformatigem Mauerwerk, an Wand- und Deckenplatten. Im folgenden wird über das Feuchteverhalten von Gasbeton-Aussenbauteilen berichtet und werden Hinweise für das Bauen mit Gasbeton gegeben.

Baufeuchte und Austrocknung

Beim Bauen und zum Herstellen vieler Baustoffe wird Wasser benötigt. Beim Aufmauern der früher verwendeten

VON HELMUT KUENZEL,
HOLZKIRCHEN

Mauersteine kam mit dem Mauer- und Putzmörtel viel Wasser in die Wände. Bei grossformatigen Blocksteinen oder Gasbetonplatten entsteht erhöhte Feuchtigkeit durch den Herstellungsprozess.

In früheren Zeiten war die Baufeuchtigkeit ein besonderes Problem. Bedingt durch die dickeren Wände und die we-

niger intensive Beheizung – oft wurde nur ein Raum beheizt – dauerte es viele Jahre, bis eine Wohnung «trockengewohnt» war.

Bei den heutigen Bau- und Wohnverhältnissen kann man davon ausgehen, dass sich die erhöhte Anfangsfeuchte im Verlauf von ein bis zwei Jahren so weit reduziert hat, dass keine wesentlichen Auswirkungen mehr zu spüren sind. Dies ist aus Bild 1 ersichtlich, in dem die Feuchtegehalte von Aussenbauteilen aus Gasbeton in Abhängigkeit vom Alter auf Grund von Messungen in der Praxis aufgezeichnet sind. Eine statistische Ermittlung ergab, dass der häufigste Feuchtegehalt (Mittelwert) von Gasbeton-Aussenwänden von bewohnten Häusern bei 2,5 Vol-%

liegt. Der Wert von 3,5 Vol.-% wurde in 90% aller Fälle nicht überschritten. Dieser Wert wird im allgemeinen für die Ermittlung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit zugrundegelegt.

Ein nicht belüftetes Gasbeton-Flachdach oder eine aussenseitig weitgehend dicht abgesperrte Aussenwand können nur zur Raumseite hin trocknen. Oft wird die Meinung vertreten, dies sei nicht in ausreichendem Masse möglich, bzw. es sei eine Feuchteanreicherung an der dichten Schicht infolge eindringender und kondensierender Raumluftfeuchte im Winter zu erwarten. Bestärkt wird diese Meinung durch die alleinige Betrachtung der Wasserdampfdiffusion als einzigem Mechanismus des Feuchtetransports. In Wirklichkeit haben Vorgänge der Kapillarleitung – also Feuchtetransport in flüssiger Form – in Baustoffen wie Gasbeton eine grössere Bedeutung als die Diffusion. Nur – man kann die Vorgänge der Kapillarleitung nicht so einfach berechnen wie die der Diffusion.

Dies führte zu einer Überbewertung der Auswirkung von Diffusionsvorgängen bei Mauerwerk jeglicher Art. Da die Durchführung einer Diffusionsberechnung bei Mauerwerk zur feuchtechnischen Beurteilung wenig Sinn hat, sind in der deutschen Wärmeschutznorm DIN 4108 [1] Bauteile mit