

## **Lehme und Lösslehme als Baugrund – eine geotechnische Betrachtung**

Robert HOFMANN

### **Einleitung**

Löss bzw. Lösslehm als Baugrund ist aus geotechnischer Sicht besonders zu untersuchen und projektgemäß zu bewerten. Nach ersten Recherchen (z.B. Geologische Karten, Archivunterlagen, etc.) sind Baugrunderkundungen und Laboruntersuchungen notwendig, um die bodenphysikalischen Eigenschaften dieser Böden zu erkennen. Die Sackungsanfälligkeit zählt dabei zu den unangenehmsten Veränderungen des Lösses. Bei dieser durch Wasser verursachten Lösung der Kalkbindung kommt es zum raschen Verlust der Tragfähigkeit der Kornstruktur. Diese Problematik ist sowohl bei Neubauten als auch bei vorhandenen Objekten von Bedeutung. Dazu zählen auch Hohlräume (Stollen, prähistorische Stollen, Luftschutzstollen, etc.) im Untergrund.

Der Planung von Entwässerungsprojekten kommt im Lössboden eine besondere Bedeutung zu. Kanalleitungen im Einflussbereich von Gründungen sollten wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber Leckagen vermieden werden. Wenn diese dennoch notwendig sind, ist ein erhöhter Kontrollaufwand erforderlich. Nicht selten sind Abwasserleitungen die Ursache von Schäden, obwohl die Bauwerke bereits über Jahre unauffällig existieren. In diesem Zusammenhang stehen auch die Änderungen von Oberflächenentwässerungen (z.B. Straßenentwässerungen). In letzter Zeit treten Schäden in Verbindung mit relativ kurzen aber sehr intensiven Starkregenereignissen immer häufiger auf.

### **Bodenmechanische Beschreibung**

Nach der noch gültigen ÖNORM B 4400 (Tabelle 1) handelt es sich bei Löss um feinkörnige Böden, gering plastische Schluffe (Fließgrenze  $\leq 35$  % und Plastizitätszahl  $\leq 4$  %) mit einem Feinkornanteil  $\leq 0,063$  mm Korndurchmesser  $>40$  Massen-%.

Diese Parameter zeigen die rasche Änderung der bodenphysikalischen Eigenschaften des Lösses bei Änderung des Wassergehaltes.

Nach der Lehrmeinung ist „Löss ein verkitteter Boden, nach der Korngrößenverteilung ein Sand-Schluff-Gemisch, das durch Wind abgelagert und durch Kalk verkittet wurde. Mineralisch besteht Löss hauptsächlich aus 60–80 % Quarz und 10–20 % Feldspat. Meistens finden sich in Löss Wurzelröhrchen, die später durch Kalk ausgefüllt wurden. In diesen Wurzelröhrchen kann das Grundwasser hochsteigen, was die große Fruchtbarkeit des Lösses ausmacht. Der Löss kommt in steilen Wänden oder Terrassen vor. Die größten Lagerstätten finden sich in China und auf der Halbinsel Krim. Die Festigkeit des Lösses kann durch Lösung des Kalkes vollkommen verschwinden. Dies kann zu Schäden an Gebäuden führen, die auf Löss stehen. Besondere Vorsicht ist bei Fundierungen von Wasserbehältern auf Löss geboten! Bereits kleine Sickerungen, die ja fast immer vorhanden sind, können zum Bruch des Löss führen.“ (PECH et al 2005).

## Hohlräume im Löss

Die Hohlräume im Löss können Stollen, Schächte, Luftschutzstollen usw. sein. In letzter Zeit nehmen die Probleme mit Hohlräumen im Löss relativ stark zu. Dabei ist der Ausbau der Luftschutzstollen meist ungenügend dokumentiert, sodass nachträgliche Bewertungen oder Standsicherheitsuntersuchungen schwer oder sogar unmöglich sind.

Obwohl die Stollen oft über einen langen Zeitraum einen standsicheren Eindruck vermitteln können, kommt es unerwartet meist unter dem Einfluss von Wasser zu Verbruchserscheinungen oder anderen Anzeichen von zumindest örtlichen Instabilitäten. Dies oft in Verbindung mit untauglichen Entwässerungen. So sind intensive Starkregenereignisse und/oder geänderte Entwässerungsbedingungen, Leitungsschäden etc. Ursache von Verlusten der Tragfähigkeit. Extrem aufwendig werden die Untersuchungen, wenn die genaue Lage der Hohlräume unbekannt sind. Dies kann in der Regel mit indirekten (geophysikalische Methoden) und direkten (Bohrungen) Methoden erfolgen. Diese Hohlräume können in Zusammenhang mit Wasser auch Ursache für Hangbewegungen sein.

## Gründungen

Bei der Projektierung von Gründungen in Lössböden muss vorerst die mögliche Sackungsanfälligkeit untersucht werden und die daraus resultierenden grundbautechnischen Entscheidungen müssen getroffen werden. Die Sackungsanfälligkeit kann im Labor über den Kompressionsversuch (ein axialer Druckversuch mit verhinderter Seitendehnung) festgestellt werden. Dabei erfolgt eine stufenweise Be- und Entlastung sowie eine Wasserzugabe bei Höchstlast. Kommt es ohne Laststeigerung zu einer „raschen“ Setzung, so ist naheliegend, dass es sich um einen sackungsanfälligen Boden handeln kann.

Ein Kriterium für eine Sackungsempfindlichkeit kann nach ABELJEW angegeben werden. Eine Sackung ist nach ABELJEW<sup>1)</sup> für Hochbauten dann gefährlich, wenn die relative Sackung

$$i = \Delta e / (1 + e_1) > 0,02 \quad (1) \text{ ist;}$$

darin bedeuten:

$\Delta e$  = Verminderung der Porenzahl bei Wasserzugabe

$e_1$  = Porenzahl vor Wasserzugabe.

Im Fall von sackungsempfindlichen Lösslehmen kommt ein Tieferlegen der Gründungssohle in Betracht oder Fundierungen mit Hilfe von Spezialtiefbaumaßnahmen. Hierzu können vermörtelte Schottersäulen, Pfähle, Brunnengründungen genannt werden.

## Geländesprünge

Bei Geländesprüngen (Baugruben, Böschungen, Einschnitte, etc.) kommt es im Zuge der Änderung der natürlichen Feuchte des Untergrundes zu einem Abfall der Scherparameter (Reibungswinkel und Kohäsion). Demzufolge kann es zu Böschungsbrüchen kommen. Eine Abhilfe stellen u.a. Folienabdeckungen oder Spritzbetonversiegelungen (Nagelwände) dar.

## Baugrunderkundungen

Einer Planung eines Bauwerkes in Lössböden sollte immer eine Baugrunderkundung im Sinne der ÖNORM B 4402 vorangehen und sie sollte ein geotechnisches Gutachten durch einen Sachverständigen für Geotechnik beinhalten. Die Planung der geotechnischen Untersuchungen hat bereits durch den Sachverständigen für Geotechnik zu erfolgen. Der Begriff des Sachverständigen für Geotechnik ist in der ÖNORM B 4402 definiert.

Bis zur Veröffentlichung der ÖNORM 4402 im Dezember 2003 waren Regelungen für die Untergrunderkundung in der ÖNORM B 4430 – Teil 1 (Ausgabe 1. Okt. 1974) angegeben.

In Anlehnung an die DIN 4020 wurde die ÖNORM B 4402 erarbeitet und im Dezember 2003 veröffentlicht. In der DIN 4020 (2003-09) wird das Baugrundrisiko als „ein in der Natur der Sache liegendes, unvermeidbares Restrisiko, das bei Inanspruchnahme des Baugrundes zu unvorhersehbaren Wirkungen bzw. Erschwernissen, z.B. Bauschäden oder Bauverzögerungen führen kann, obwohl derjenige, der den Baugrund zur Verfügung stellt, seiner Verpflichtung zur Untersuchung und Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse nach den Regeln der Technik zuvor vollständig nachgekommen ist und obwohl der Bauausführende seiner eigenen Prüfungs- und Hinweispflicht Genüge getan hat“ beschrieben.

In Abhängigkeit der geotechnischen Kategorie (GK) sind im Kap. 4.3 der ÖNORM B 4402 Mindestanforderungen für die Planung geotechnischer Untersuchungen (Tabelle 1) angegeben. Wesentlich ist jedoch, dass im Zuge der geotechnischen Bearbeitung eine Änderung der GK möglich ist. Dadurch ändern sich zwangsläufig die Anforderungen an die Baugrunduntersuchung.

Die Abstände der Aufschlüsse sind vom Bauvorhaben und der Geologie abhängig. Bei sehr gleichförmigen geologischen Verhältnissen dürfen ein größerer Abstand und eine geringere Anzahl von Aufschlüssen gewählt werden.

Die Beschreibung des Untergrundes bzw. des Baustoffes mithilfe bodenphysikalischer Laboruntersuchungen ist in den meisten Fällen erforderlich. Erst dadurch ist es möglich, die Steifigkeit und somit Setzungsempfindlichkeit (Gebrauchstauglichkeitsnachweise) sowie die Standsicherheit (Tragefähigkeitsnachweise) des Baugrundes zu ermitteln. So kann eine relativ geringe Änderung der Scherparameter die Baukosten bereits maßgeblich beeinflussen. Um diese Scherparameter für erdstatische Berechnungen ausreichend genau festlegen zu können, sind Laborversuche unumgänglich. Die Kosten der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen liegen im Promillebereich der Baukosten bzw. bei größeren Bauvorhaben deutlich unter einem Promille.

GK 1	GK 2	GK 3
<b>Vorerkundungen:</b> Karten, Archivunterlagen, etc.		
<b>Voruntersuchungen – als Mindestanforderungen sind genannt:</b>		
Einholung von Informationen. Indirekte Aufschlüsse wie Schürfe, Sondierungen (Ramm- und Nutsondierungen), Kleinbohrungen. Abschätzen der Grundwasserverhältnisse. Geophysikalische Verfahren. Besichtigen der ausgehobenen Baugrube.		
		<b>Hauptuntersuchungen:</b>
		Immer direkte Aufschlüsse erforderlich (Bohrungen, Schürfe, etc.). Visuelle und manuelle Beurteilung des Baugrundes ist erforderlich, Probenentnahme zur Durchführung von Versuchen muss möglich sein.

Tabelle 1: Geotechnische Untersuchungen in Abhängigkeit der geotechnischen Kategorie.

Die Sackungsanfälligkeit kann nur durch gezielte bodenphysikalische Laboruntersuchungen festgestellt werden. Die Kosten für solche Versuche liegen etwa in einer Größenordnung von 100 bis 300 €/Probe.

## Zusammenfassung

Das Sackungsverhalten der Lössse kann vertikal und lateral sehr variabel sein, wobei die obersten 2 bis 4 m Löss meist ein besonders hohes Sackungspotential besitzen. Die Sackungsfähigkeit nimmt in der Regel mit der Tiefe deutlich ab. Eine deutliche Verminderung des Sackungsrisikos kann durch die Entfernung der oberen, besonders sackungsempfindlichen Lössse erfolgen. Auch können dynamische Oberflächenverdichtungen des Baugrundes nach Wassersättigung bis zu einer Tiefe von 2 bis 4 m effektiv sein.

## Literatur

HOFMANN, R. (2006): Gründungstechnik im Hochbau; Planung und Ausführung von Gründungskörpern. – VÖBU – Bauakademie – Innsbruck.

ABELEV, J.M. (1948): Osnovy proektirovanija i stroitel'stva na makroporistych gruntach. (Grundlagen der Projektierung und des Baus auf makroporigen Böden). – S predisloviem člena-korrespondenta akademii nauk SSSR, Stroivojenmorisdat, Moskwa.

PECH, WÜRGER, PAUSER & HOFMANN (2005): Gründungen. – Springer Verlag Wien – New York.