

5 Grundwasser

5.1 Grundwasser in Festgesteinen

Bei ingenieurgeologischen Beurteilungen müssen die Einflüsse des Wassers auf Baugrund und Bauwerk berücksichtigt werden. Niederschlagswasser, das nicht oberflächlich abfließt oder verdunstet, sickert in den Untergrund ein und bildet dort das Grundwasser. Im Grundwasserbereich sind die Hohlräume der Fest- und Lockergesteine vollständig wassererfüllt (wassergesättigte Zone).

Die Fließwege und Speicherräume des Grundwassers im Gestein sind von der Gesteinsart und ihrem Hohlraumvolumen (Porosität und Klüftigkeit) abhängig. Wasserlösliche Gesteine wie Gips, Kalk- und Dolomitstein enthalten oft außergewöhnlich große, durch Verkarstung (s. Kap. 6.4) entstandene Hohlräume. In solchen **Karstgrundwasserleitern** können in Gerinnen große Wassermengen mit hoher Geschwindigkeit abfließen. Die Wasserführung von verkarsteten Gesteinen muss daher vor allem bei Untertagebauwerken eingehend erkundet werden.

In den meisten Festgesteinen, z. B. Gneis, Granit, Sandstein, aber auch in gering verkarstetem Gips-, Kalk- und Dolomitstein, fließt Grundwasser im wesentlichen auf Klüften, die durch tektonische Beanspruchung dieser harten und spröden Gesteine entstanden oder sich nahe der Erdoberfläche durch Auflockerung und Hangzerreißen bildeten (**Kluftgrundwasserleiter**). In Sedimentgesteinen können auch offene Schichtfugen im Verwitterungsbereich Wasser führen. Die Wasserwegsamkeit variiert in Abhängigkeit von der Kluftdichte und Kluftweite erheblich. Lockergesteine sind **Porengrundwasserleiter** (s. unten). Die zahlreichen kommunizierenden Hohlräume dieser Gesteine bewirken meist eine gute Wasserwegsamkeit.

Im Gegensatz zu den erwähnten harten und spröden Gesteinen sind wasserführende Klüfte in Tonsteinen unter mächtiger Überdeckung seltener, weil tonreiche Gesteine bei tektonischer Beanspruchung bis zu einem gewissen Grad plastisch verformbar sind. Ferner quellen viele Tonminerale bei Wasserzutritt (s. Kap. 6.7), wodurch Fugen im Gestein abgedichtet werden. Tonsteine sind daher nahezu wasserundurchlässig (**Grundwassergeringleiter**) und bilden eine Grundwassersohlschicht, wenn sie unter grundwasserführenden Gesteinen liegen. Wechselfolgen unterschiedlich wasserdurchlässiger Gesteine prägen die Schichtstufenlandschaft Baden-Württembergs; in diesen Folgen sind oft mehrere übereinander liegende Grundwasserstockwerke

mit unterschiedlichen Grundwasserdruckhöhen vorhanden.

5.2 Grundwasser in Lockergesteinen

Die Porosität der Lockergesteine hängt von der Korngröße, der Sortierung und der Kornform, in manchen Fällen (z. B. beim Löss) auch von der Verfüllung der Poren mit Bindemittel ab. Grobe Körnung, einheitliche Korngröße und kantige Kornform vergrößern das Porenvolumen. Allerdings wird nur ein Teil dieses Volumens, der nutzbare Hohlraumanteil, vom Grundwasser durchströmt; Adhäsions- und Kapillarwasser (Haftwasser) ist an den Kornoberflächen fixiert. Hohlraumreiche grobkörnige Quartärablagerungen wie eiszeitliche Schotter, nacheiszeitliche Talkiese, Schwemmkegel und Hangschuttmassen enthalten oft bedeutende Grundwasservorkommen, die vielerorts zur Gewinnung von Trinkwasser genutzt werden. Bindige Lockergesteine (Moräne, Beckensediment, Seeton, Verwitterungslehm, Lösslehm, Auenlehm) sind dagegen nur wenig wasserdurchlässig. In manchen Lehmen werden Tonpartikel durch einsickernde Niederschlagswässer in tiefere Bereiche eingeschwemmt, die dadurch nahezu wasserundurchlässig werden. Bei langanhaltenden Regenfällen staut sich das Wasser auf den verdichteten Horizonten und füllt die Bodemporen und Trockenrisse des überlagernden Lehms, im Extremfall bis zur Erdoberfläche („überlaufende Böden“). In Trockenperioden wird dieses **Stauwasser** durch Versickerung, Verdunstung und wasserverbrauchende Pflanzen teilweise oder vollständig aufgezehrt.

5.3 Grundwasserschutz

Bei Baumaßnahmen muss sichergestellt werden, dass vermeidbare Beeinträchtigungen der Grundwasserbeschaffenheit und des Grundwasserdargebots unterbleiben. Für die Entnahme und das Ableiten von Grundwasser, z. B. bei Wasserhaltungen in Baugruben, ist eine Erlaubnis der Wasserrechtsbehörde erforderlich.

Besonders geschützt sind Grundwasservorkommen, die der öffentlichen Trinkwasserversorgung dienen oder als staatlich anerkannte Heilquellen genutzt werden. Im Einzugsgebiet der Wasserfassungen werden Schutzzonen mit unterschiedlichen Auflagen,

Verboten und Nutzungsbeschränkungen festgesetzt. Die Nutzungseinschränkungen vermindern sich im allgemeinen mit zunehmender Entfernung von den Wassergewinnungsstellen, also vom Fassungsbereich (Zone I) über die Engere Schutzzone (Zone II) zur Weiteren Schutzzone (Zone III). Bei Bauvorhaben in Wasserschutzgebieten müssen die in Rechtsverordnungen festgelegten Schutzbestimmungen eingehalten werden. Die allgemeinen Nutzungsbeschränkungen sind in den DVGW-Richtlinien (1995, Neufassung in Vorbereitung) festgelegt. Hier wird neben anderen Einschränkungen für die Schutzzone I und II ein Bauverbot verfügt; in der Schutzzone III kann eine Bebauung unter bestimmten Voraussetzungen (Vermeidung einer Verunreinigung des Untergrunds durch Abwässer und andere grundwassergefährdende Stoffe) erfolgen.

5.4 Bauen im Grundwasser

Zahlreiche Schadensfälle zeigen, dass Grundwasser die Baugrundeigenschaften in der Regel nachteilig beeinflusst. Bindige Lockergesteine mit hohem Wassergehalt sind bei Belastung stark setzungsfähig (s. Kap. 6.2), tonige Locker- und Festgesteine in Hangbereichen oder an steilen Böschungen neigen bei Wasserzufuhr zu Rutschungen (s. Kap. 6.3), in löslichen Gesteinen bilden sich Karsthohlräume (s. Kap. 6.4), manche Minerale quellen bei Wasserzutritt (s. Kap. 6.7 und 6.8).

Neben diesen allgemeinen, durch Grundwasser bedingten Baugrundgefahren müssen die lokalen Auswirkungen von Grundwasserzutritten in Baugruben beachtet werden. Erhebliche Wassermengen sind vor allem in Baugruben zu erwarten, die das Talgrundwasser anschneiden. Der Strömungsdruck des Grundwassers führt zum Nachbrechen der Wände von Baugruben, Kanalgräben und Schürfgruben. Oft sind Fließanderscheinungen oder das Ausspülen von Feinteilen aus dem benachbarten Untergrund festzustellen, in Einzelfällen bei langdauernder Wasserförderung auch eine Beschleunigung der Gipslösung. Besonders schwerwiegende Folgen können Grundwasserhaltungen mit ausgedehnten Absenkungstrichtern haben, wenn benachbarte Gebäude auf wasserhaltigen bindigen Ablagerungen gegründet sind, die sich bei Entwässerung stark setzen. Bei solchen Wasserhaltungsmaßnahmen sind vor Baubeginn Beweissicherungsverfahren und während der Bauzeit Setzungsmessungen an den Nachbargebäuden durchzuführen.

Nach dem Ende der Wasserhaltung muss die Auftriebssicherheit von Bauwerken, die in das Grundwasser reichen, gewährleistet sein.

Schichtwasserzuflüsse aus klüftigen Felsbänken sind (abgesehen von verkarsteten Gesteinen) meist weit weniger ergiebig als Grundwasserzutritte aus sandigen und kiesigen Talablagerungen. Noch geringer ist die Wasserzufuhr bei Sickerwasser aus Staunäsehohizonten. Die notwendigen Dräneinrichtungen müssen in Abhängigkeit von den anfallenden Wassermengen dimensioniert werden. Die Abschätzung der Wassermengen kann nach SMOLT CZYK (1990) erfolgen. Hierzu ist der Durchlässigkeitsbeiwert k des Gesteins im Labor (DIN 18 130), aus Feldversuchen (PRINZ 1997) oder aus Tabellen (z. B. MATTHESS & UBELL 2003) zu ermitteln.

Mineral- und Heilwasservorkommen, z. B. das Stuttgarter Mineralwasser, sind durch abgegrenzte quantitative Heilquellenschutzonen besonders geschützt. Belange des Heil- und Mineralquellenschutzes sind bei Baugrunduntersuchungen zu berücksichtigen. Bei Eingriffen in den Untergrund hat der Schutz des Mineral- und Heilwassers absoluten Vorrang.

5.5 Betonangreifendes Grundwasser

Grundwasser kann niedrige pH-Werte besitzen oder gelöste Substanzen enthalten, die Baustoffe (vor allem Beton) angreifen. In der DIN 4030 sind Methoden zur Untersuchung von Wasserproben auf Betonaggressivität zusammengestellt. Hierzu gehören die Ermittlung des pH-Wertes und der Härte sowie der Gehalte an kalklösender Kohlensäure, Sulfat, Chlorid, Magnesium, Ammonium und organischen Stoffen. Einige dieser Inhaltsstoffe können Indikatoren für anthropogene Verunreinigungen sein (Düngung, Salzstreuung, Abwässer, Sickerwässer aus Deponien). Meist sind jedoch die grundwasserdurchströmten Gesteine für die Betonaggressivität verantwortlich. Grundwasser, das kalkhaltige Locker- und Festgesteine (Löss, Sand und Kies der Niederterrasse, Kalksteine) durchflossen hat, greift Beton im allgemeinen nicht an.

Weiche Wässer sind an Calciumkarbonat untersättigt, sie lösen deshalb Kalkverbindungen aus Beton und Mörtel. Ihre Aggressivität wird oft durch niedrige pH-Werte (< 7) verstärkt, wobei die saure Reaktion meist durch Huminsäuren verursacht wird. Solche Wässer stammen vor allem aus dem Grundgebirge



und kieselig gebundenen Sandsteinschichten (Mittlerer Buntsandstein), da diese nur wenig Kalk oder Kalkfeldspäte enthalten. Moorwässer, vor allem aus Hochmoorgebieten, sind stets kalkarm und sauer, sie wirken daher besonders betonaggressiv.

Sulfidische Wässer sind an ihrem fauligen Geruch (Schwefelwasserstoff) zu erkennen. Der Schwefelgehalt stammt entweder aus zersetzter organischer Substanz (Wasser aus Schlickablagerungen) oder aus pyritführenden Gesteinen des Unter- und Mitteljuras (vor allem des Obtusustons, Posidonienschiefers und Opalinustons). Durch Oxidation der Sulfide können bei geringer Fließgeschwindigkeit Wässer mit hohen Sulfatgehalten entstehen.

Sulfatwässer bilden sich (abgesehen von den oben genannten Sedimenten) in gipsführenden Horizonten. Sie kommen daher im Mittleren Muschelkalk und Gipskeuper, vereinzelt auch in den Bunten Mergeln, dem Schilfsandstein, dem Unterkeuper und dem obersten Buntsandstein vor. Sulfate reagieren mit dem Kalkgehalt und den Tonanteilen des Betons

unter Bildung des Minerals Ettringit, eines wasserhaltigen Calcium-Aluminium-Sulfats. Dieser chemische Vorgang ist mit einer Volumenvergrößerung verbunden, die zum Zerfall des betroffenen Betons führt.

Kohlensäurehaltige Wässer enthalten freie, kalklösende Kohlensäure (gelöstes Kohlendioxid). Sie entspringen den bereits genannten kalkarmen Gesteinen. Extrem kohlensäurereich und kalkaggressiv sind viele Mineralwässer („Säuerlinge“), wie z. B. die Wässer von Stuttgart-Bad Cannstatt.

Bei Bauvorhaben in geologischen Horizonten, die betonaggressives Grundwasser enthalten können, müssen Wasserproben nach den Vorgaben der DIN 4030 entnommen und untersucht werden.

Bei der Beurteilung der Aggressivität eines Grundwassers sind außer den Inhaltsstoffen die Fließgeschwindigkeit des Wassers (Durchlässigkeit des Bodens) sowie die Dauer des Einwirkens des Grundwassers (z. B. bei starken Wasserspiegelschwankungen) zu berücksichtigen.