Merkblatt

UMWELTFACHSTELLEN

Bauten im Grundwasser

Berechnungsgrundlagen

Das Bauland in der Schweiz wird knapp. Um die überbaubare Fläche optimal zu nutzen, wird immer öfter in den Untergrund gebaut. Dieser Trend kann ein lebenswichtiges Gut – das Grundwasser – gefährden. Dieses Merkblatt richtet sich vorwiegend an Hydrogeologinnen und -geologen, welche den Einfluss solcher Bauten auf das Grundwasser berechnen.

Planerischer Grundwasserschutz

Grundwasservorkommen können qualitativ (z. B. durch Verunreinigung bei Unfällen) oder quantitativ (z. B. durch Einbauten oder übermässige Entnahmen) beeinträchtigt werden. Bauwerke, die unter den Grundwasserspiegel reichen, reduzieren die Durchflusskapazität und das Speichervolumen eines Grundwasservorkommens.

Die gewässerschutzrechtliche Bewilligungspflicht ist abhängig von der Lage des Bauvorhabens bezüglich Gewässerschutzbereich sowie Grundwasserspiegel.

Informationen zu Gewässerschutzbereichen, zu Ausdehnung und Mächtigkeit des Grundwasservorkommens sowie zu Grundwasserständen können in den Gewässerschutz- und Grundwasserkarten auf den Online-Geoportalen der Kantone abgerufen werden.

Berechnung der Verminderung der Durchflusskapazität

Der Kanton kann für Bauten, Anlagen, Fundationsmassnahmen oder permanente Baugrubensicherungen, die unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels liegen, eine Ausnahmebewilligung erteilen, sofern die Durchflusskapazität des Grundwasserleiters um höchstens 10 % vermindert wird. Als Grundlage für die Beurteilung muss ein Durchflussnachweis erbracht werden, welcher auf nachvollziehbaren Berechnungen beruht.

Voraussetzung für die Erteilung einer Ausnahmebewilligung ist die vorgängige Optimierung des Bauvorhabens hinsichtlich Grundwasserschutz. Einbauten unter den mittleren Grundwasserspiegel sind aufs Nötigste zu beschränken. Tiefenfundationen im Grundwasser sind nur dann zulässig, wenn keine anderen Fundationsarten möglich sind.

Berechnungsgrundsätze

- Massgebend ist der Bauwerkschnitt mit der grössten Durchflussverminderung, also mit der grössten Einbaudichte senkrecht zur Grundwasserfliessrichtung. Die unbebaute Umgebung, Nachbarparzellen, Trassen von Verkehrsachsen usw. können nicht einbezogen werden.
- Bereits bestehende durchflussmindernde Bauten und Anlagen unterhalb des geplanten Bauwerks müssen berücksichtigt werden (z. B. bestehende Pfahlfundationen).
- Für die Berechnung ist bei homogenen Grundwasservorkommen als Vereinfachung die Flächeneinbusse im relevanten Bauwerkschnitt massgebend.

- Die Berechnung der Durchflusskapazität erfolgt bei geschichteten Grundwasservorkommen oder mehreren Grundwasserstockwerken über den Durchfluss (durchflossene Fläche x Durchlässigkeit des Grundwasserleiters x hydraulisches Gefälle). Das hydraulische Gefälle wird als konstant angenommen. Die betrachteten Flächen sind mit dem jeweiligen Durchlässigkeitsbeiwert k zu gewichten.
- Die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Untergrund unterhalb des Bauwerks müssen ausreichend bekannt sein bzw. nachvollziehbar hergeleitet werden (vorhandene Bohrprofile). Bei unbekannten Verhältnissen sind projektspezifische Untersuchungen vorzulegen. Bei Grundwasserleitern mit Mächtigkeiten bis 30 m ist die tatsächliche Lage des Stauers massgebend.
- Bei Grundwasserleitern mit Mächtigkeiten von über 30 m kann eine maximale Mächtigkeit von 30 m berücksichtigt werden.

Inhaltliche Anforderungen an den Durchflussnachweis

Berichtsinhalt

- Ausgangslage, Beschreibung der relevanten Bauten und Anlagen im Grundwasser
- Angaben zu Wasserhaltung, Baugrubenabschlüssen und Grundwasserüberwachung, falls relevant
- geologisch-hydrogeologische Verhältnisse
- Ausmass der Beeinträchtigung des Grundwassers durch die Einbauten (ohne Kompensationsmassnahmen)
- Beschreibung und Dimensionierung allfälliger Kompensationsmassnahmen
- Beschreibung der Unsicherheiten

Beilagen und Abbildungen

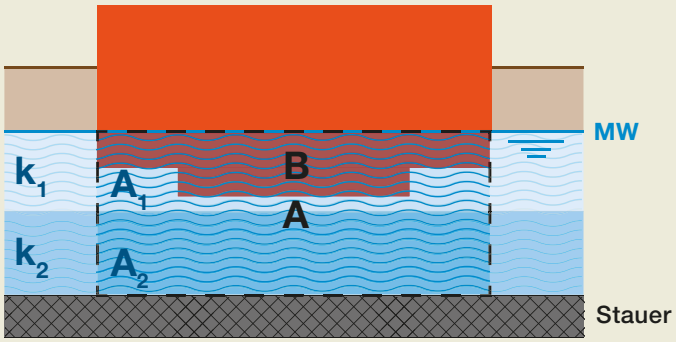
- Grundrissplan/Pfählungsplan (massstabsgetreu) und Pfahlart mit Grundwasserfliessrichtung
- Schnittplan mit mittlerem Grundwasserspiegel sowie Einbaukoten

Szenario 1: Bauten mit Flachfundation

Nachweis der 10 %-Regel:
B ≤ 0.1 x A

Beispiel für den Nachweis bei geschichtetem Grundwasservorkommen mit k_1 und k_2, bei dem die Baute in der Schicht mit k_1 liegt:

B x k_1 ≤ 0.1 (A_1 x k_1 + A_2 x k_2)

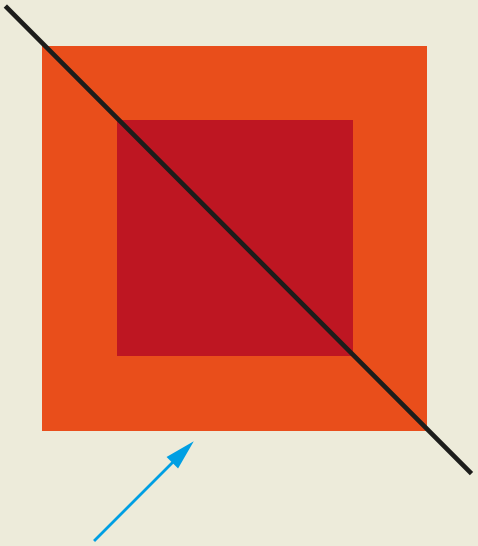


A — durchströmte Fläche des Gundwasserleiters im natürlichen Zustand unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW (100 %); **A = A_1 + A_2**

B — angeströmte Fläche des Bauwerkes unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW (≤ 10 %)

k_1 Durchlässigkeitsbeiwert der oberen Schicht

k_2 Durchlässigkeitsbeiwert der unteren Schicht



Gebäude

Vertiefung

Grundwasserfliessrichtung

Schnitt mit grösster Durchflussverminderung

Szenario 2: Bauten mit Pfahlfundation

Für die Berechnung muss die Pfahlreihe mit der höchsten Pfahldichte senkrecht zur Fliessrichtung verwendet werden. Für unterschiedliche Pfahlsysteme wird in der folgenden Tabelle aufgezeigt, welche Auswirkungen diese auf die hydrogeologischen Eigenschaften (Nutzporosität) der anstehenden, natürlichen Lockergesteine haben. Mit dem angegebenen Korrekturfaktor wird der Ersatzpfahldurchmesser berechnet.

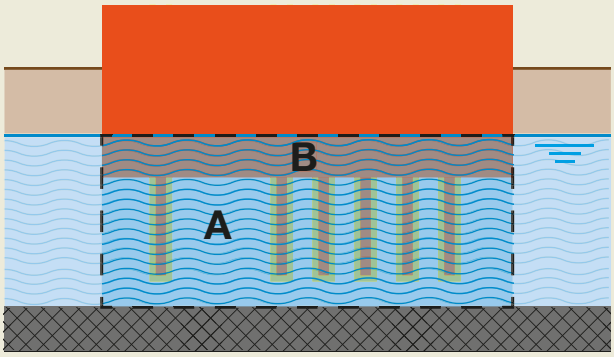
Beispiel Bohrpfahl: Während des Rückzugs der Verrohrung dringt die Betonsuspension in das anstehende Lockergestein. Das daraus resultierende «Überprofil» beträgt in der Regel maximal 10 % des eigentlichen Pfahldurchmessers. Dies ergibt den Korrekturfaktor von 1.1.

Pfahlart	Korrekturfaktor
Bohrpfahl (verrohrter Mikropfahl bis Grossbohrpfahl)	1.1
Fertigbetonrammpfahl, Fertigbetonschraubpfahl	1.1
Verdrängungsbohrpfahl	1.1
Injektionsrammpfahl, Verpresspfahl, unverrohrter Schneckenortbetonpfahl	1.1
Vibrorammpfahl, Vibrobohrpfahl, duktiler Gusspfahl	1.2
Jettingpfahl, Düsenstrahlverfahren	nicht zugelassen

Nachweis der 10 %-Regel:
B ≤ 0.1 x A

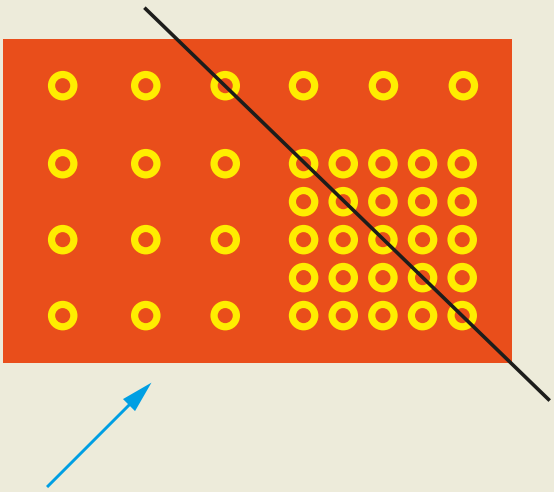
Ersatzpfahldurchmesser = Pfahldurchmesser x Korrekturfaktor

beanspruchte Fläche durch Pfählung = Pfahldurchmesser x Pfahllänge x Korrekturfaktor x Anzahl Pfähle im Querschnitt



A durchströmte Fläche des Gundwasserleiters im natürlichen Zustand unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW (100 %)

B angeströmte Fläche des Bauwerkes inkl. Pfahlfundation unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW (≤ 10 %)



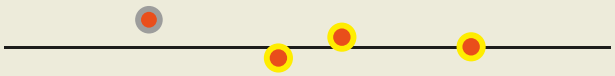
Gebäude

Ersatzpfahldurchmesser

Grundwasserfliessrichtung

Schnitt mit grösster Durchflussverminderung

Alle Pfähle (inkl. Verdrängungsbereiche), die durch die Schnittlinie berührt werden, müssen in die Berechnung einbezogen werden.

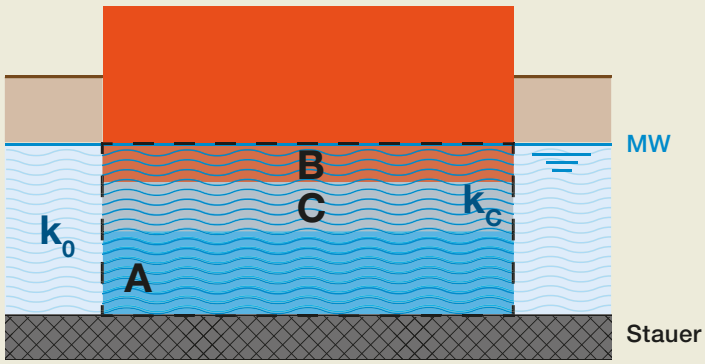


- Pfahl relevant für Durchflussnachweis (Ersatzpfahldurchmesser)
- Pfahl nicht relevant für Durchflussnachweis
- Schnitt mit grösster Durchflussverminderung

Kompensationsmassnahmen

Die Zulässigkeit von Kompensationsmassnahmen bei Verringerung der Durchflusskapazität ist kantonal geregelt.

Berechnung der Durchflusskapazität mit Kompensationsmassnahmen:
$B \times k_0 - C \times k_c \leq 0.1 \, (A \times k_0)$



- **A** durchströmte Fläche des Gundwasserleiters im natürlichen Zustand unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW (100 %)
- **B** angeströmte Fläche des Bauwerks unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW
- **C** angeströmte Fläche der Kompensationsmassnahmen unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW
- k_0 Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters
- k_c Durchlässigkeitsbeiwert der Kompensationsmassnahmen

Werden Kompensationsmassnahmen zugelassen,

- sind Sickerpackungen und Hinterfüllungen ausschliesslich mit natürlichem, unverschmutztem, kiesig-sandigem Material auszuführen;
- muss ein Ausschwemmen von anstehendem Feinmaterial verhindert werden. Bei der Wahl des Füllmaterials sind die Filterkriterien massgebend. Diese sind mit Hilfe von Kornverteilungskurven nachvollziehbar herzuleiten.
- ist die hydraulische Anbindung an die leitenden Schichten zu gewährleisten;
- sind die Massnahmen durch eine fachkundige Person zu planen, zu begleiten/überwachen und zu dokumentieren.

Berechnung der Verminderung des Speichervolumens

Die Bewilligungsbehörde kann für Bauten unter dem mittleren Grundwasserspiegel zusätzlich zum Durchflussnachweis die Berechnung der Speichervolumenreduktion und deren teilweisen oder vollständigen Ersatz verlangen.

Anforderung an die Speicherkapazität: $\frac{n_{res}}{n_0} \geq 0.9$

In Gebieten mit zeitweise problematisch hohen bzw. oberflächennahen Grundwasserständen kann die Bewilligungsbehörde die Anforderung $n_{res} / n_0 = 1$ verlangen.

Die Porosität n bezeichnet den Anteil der Hohlräume eines Körpers am Gesamtvolumen. Bei Wassersättigung ist nur ein Teil des Wassers durch die Gravitation mobilisierbar. Der übrige Teil wird durch kapillare Kräfte als sogenanntes Haftwasser im Körper zurückgehalten. Der Porenanteil mit mobilisierbarem Wasser bildet das nutzbare oder effektive Porenvolumen, welches als Speicherkapazität des Grundwasserleiters erhalten bleiben soll.

$V_{0\ tot}$	totaler betroffener Bereich unter der Bauwerksgrundfläche, welcher unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels MW liegt	[m³]
$V_{P\ eff\ tot}$	nutzbares Porenvolumen des totalen betroffenen Bereichs unterhalb des MW im Ausgangszustand	[m³]
$n_0 = \frac{V_{P\ eff\ tot}}{V_{0\ tot}}$	nutzbare Porosität im Ausgangszustand	
$V_{Bau\ nass}$	benetztes Bauwerksvolumen unterhalb des MW	[m³]
$V_{P\ eff\ Bau} = n_0 \times V_{Bau\ nass}$	nutzbares Porenvolumen, welches durch das Bauwerk unterhalb MW verdrängt wird	[m³]
$V_{P\ res} = V_{P\ eff\ tot} - V_{P\ eff\ Bau}$	verbleibendes nutzbares Porenvolumen unter der Bauwerksgrundfläche	[m³]
$n_{res} = \frac{V_{P\ res}}{V_{0\ total}}$	verbleibende nutzbare Porosität mit Bauwerk	

Die effektiven Porositäten unterscheiden sich je nach Korngrössenzusammensetzung eines Sediments erheblich. In den wenigsten Fällen können Porositäten gemessen werden. Oft ist nur eine Abschätzung möglich. Diese ist durch eine fachkundige Person – wenn möglich am Aufschluss – vorzunehmen und zu begründen.

Bei der Quantifizierung der Speichervolumenreduktion ist der Untergrund unter der Bauwerksgrundfläche bis zum Fuss einer allfälligen Pfahlfundation zu betrachten. Bei Grundwasserleitern mit Mächtigkeiten über 30 m kann eine maximale Mächtigkeit von 30 m berücksichtigt werden.

Bei geschichteten Grundwasserleitern sind die einzelnen Schichten gemäss deren Porosität zu gewichten.

Zuständigkeiten

Bauherrschaft

- erbringt die erforderlichen Nachweise und hydrogeologischen Abklärungen, welche durch Hydrogeologen auszuarbeiten sind
- nimmt frühzeitig mit der kantonalen Gewässerschutzfachstelle Kontakt auf bezüglich Bewilligungsfähigkeit (Vorabklärung)
- reicht das Gesuch für Bauten im Grundwasser im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens bei der Gemeinde ein
- ist verantwortlich für die korrekte Ausführung der Bauten und Anlagen, welche in einem Grundwasservorkommen erstellt werden

Hydrogeologische Beratung

- führt im Auftrag der Bauherrschaft die Berechnung der Durchflusskapazität durch und ist in der Regel direkter Ansprechpartner der Behörden für fachliche Fragen
- begleitet die Kompensationsmassnahmen im Grundwasser, die Entfernung temporärer Baugrubenabschlüsse usw.

Gemeinde oder Bezirk

- prüft bei Baugesuchen, ob das Bauvorhaben ins Grundwasser reicht und leitet die entsprechenden Baugesuche der kantonalen Behörde weiter
- eröffnet die gewässerschutzrechtliche kantonale Bewilligung mit der Baubewilligung
- kontrolliert die Bauausführung

Kanton (Gewässerschutzfachstelle)

- berät Planer, Bauherrschaft und Gemeinden
- beurteilt die Fachunterlagen und prüft die Bewilligungsfähigkeit
- ist die Ansprechstelle für Bauten im Grundwasser
- erteilt die gewässerschutzrechtliche Bewilligung für Bauten im Grundwasser

Rechtsgrundlagen

Jede und jeder ist verpflichtet, alle nach den Umständen gebotene Sorgfalt anzuwenden, um nachteilige Einwirkungen auf die Gewässer zu vermeiden (Art. 3 Gewässerschutzgesetz [GSchG] vom 24. Januar 1991 SR 814.20).

In besonders gefährdeten Bereichen wie dem Gewässerschutzbereich A_u bedürfen die Erstellung und die Änderung von Bauten und Anlagen sowie Grabungen, Erdbewegungen und ähnliche Arbeiten einer kantonalen Bewilligung, wenn sie die Gewässer gefährden können (Art. 19 Abs. 2 GSchG). Der Gewässerschutzbereich A_u umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer (Grundwasservorkommen) sowie die zum Schutz notwendigen Randgebiete (Anhang 4 Ziffer 111 Abs. 1 Gewässerschutzverordnung [GSchV] vom 28. Oktober 1998; SR 814.201).

Speichervolumen und Durchfluss nutzbarer Grundwasservorkommen dürfen durch Einbauten nicht wesentlich und dauernd verringert werden (Art. 43 Abs. 4 GSchG). Deshalb dürfen im Gewässerschutzbereich A_u keine Anlagen erstellt werden, die unter dem mittleren Grundwasserspiegel zu liegen kommen. Die Behörde kann Ausnahmen bewilligen, soweit die Durchflusskapazität des Grundwassers gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens zehn Prozent vermindert wird (Anhang 4 Ziffer 211 Abs. 2 GSchV).

Der Grundwasserleiter (Durchflussquerschnitt, Durchlässigkeiten), der Grundwasserstauer und die Deckschichten sowie die Hydrodynamik des Grundwassers (Grundwasserstände, Abflussverhältnisse) sollen naturnahen Verhältnissen entsprechen (Anhang 1 Ziffer 2 Abs. 2 GSchV).

Zu berücksichtigen sind auch alle kantonsspezifischen Gesetze und Verordnungen.

Für weitere Auskünfte und Bezug des Merkblattes

Amt für Umwelt und Energie Kanton Schwyz
041 819 20 35; afu@sz.ch; www.sz.ch

Amt für Umweltschutz Kanton Uri
041 875 24 30; afu@ur.ch; www.ur.ch

Amt für Umwelt Kanton Nidwalden
041 618 40 60; afu@nw.ch; www.umwelt.nw.ch

Amt für Landwirtschaft und Umwelt Kanton Obwalden
041 666 63 27; umwelt@ow.ch; www.ow.ch

Umwelt und Energie Kanton Luzern
041 228 60 60; uwe@lu.ch; www.uwe.lu.ch

Amt für Umwelt Kanton Zug
041 728 53 70; info.afu@zg.ch; www.zg.ch/afu

Oktober 2020

Umsicht, Agentur für Umwelt & Kommunikation, umsicht.ch