

Basiswissen

Sickerströmung

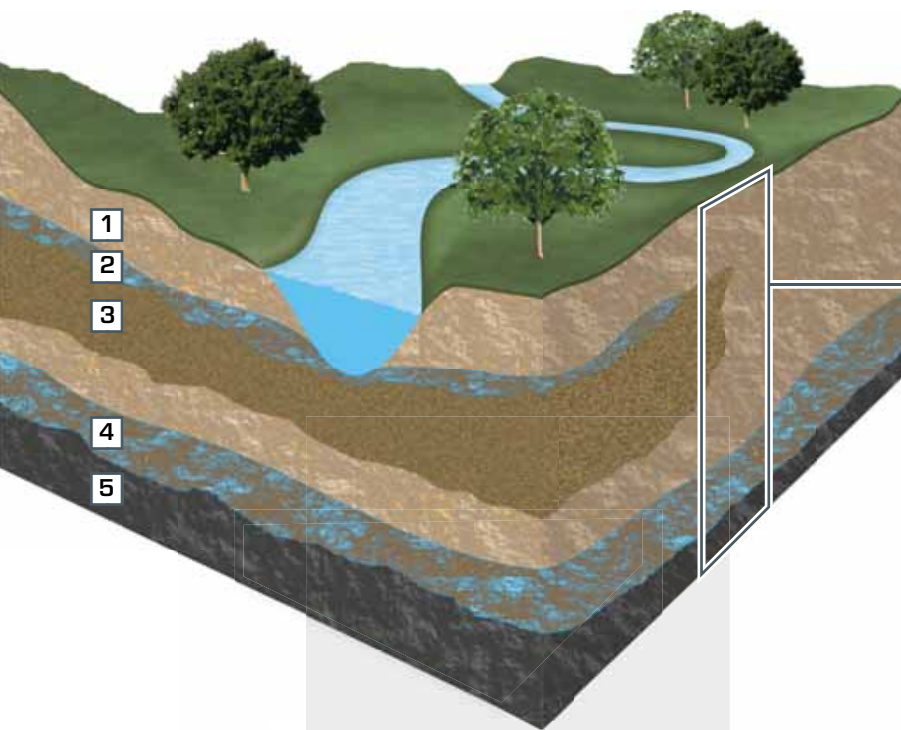
Als Sickerströmung bezeichnet man in der Hydrologie die Strömung eines Fluids (Wasser) in durchlässigen Bodenschichten wie z.B. Sand. Das Fluid füllt die Poren in der wasserungesättigten Bodenschicht mehr oder weniger aus und bewegt sich unter der Einwirkung der Schwerkraft abwärts in tiefere Bodenschichten. Damit das Sickerwasser sich nicht staut, muss der Boden durchlässig sein.

Die Durchlässigkeit des Bodens wird mit dem Durchlässigkeitskoeffizienten k_f in m/s beschrieben und ist abhängig von der Korngröße und dem nutzbaren Porenraum. In weniger durchlässigen Böden kann sich das Sickerwasser temporär stauen. Trifft das Sickerwasser auf eine undurchlässige Bodenschicht bzw. undurchlässiges Gestein, findet ein Versickern nicht mehr

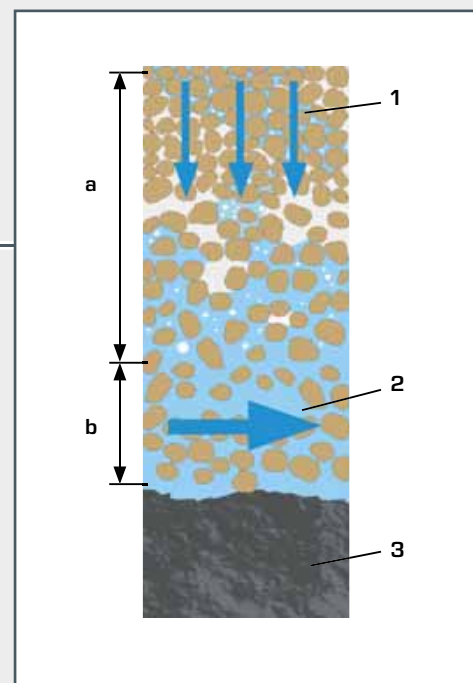
statt und das Sickerwasser staut sich dauerhaft auf. Solche unterirdische Wasseransammlungen werden als Grundwasser bezeichnet.

Von Grundwasser wird gesprochen, wenn das Wasservorkommen das ganze Jahr über vorhanden ist; von Stauwasser, wenn das Wasservorkommen nur zu einem Teil des Jahres, z.B. nach der Schneeschmelze oder nach starken Niederschlägen über verdichteten Bodenschichten auftritt.

Das Grundwasser ist ein natürliches Gut, dass als Trinkwasser und Heilwasser genutzt wird. Darüber hinaus stellt es einen wichtigen Puffer im Gesamtkreislauf des Wassers dar.



- 1 durchlässige Bodenschicht,
- 2 Stauwasser,
- 3 weniger durchlässige Bodenschicht,
- 4 wasser gesättigte Bodenschicht (Grundwasser),
- 5 undurchlässige Bodenschicht (Gestein)



verschiedene Arten von Bodenwasser

- a wasserungesättigte, lufthaltige Bodenschicht,
- b wasser gesättigte Bodenschicht, alle Hohlräume sind wasser gefüllt,
- 1 Sickerwasser,
- 2 Grundwasser,
- 3 undurchlässige Bodenschicht (Gestein)

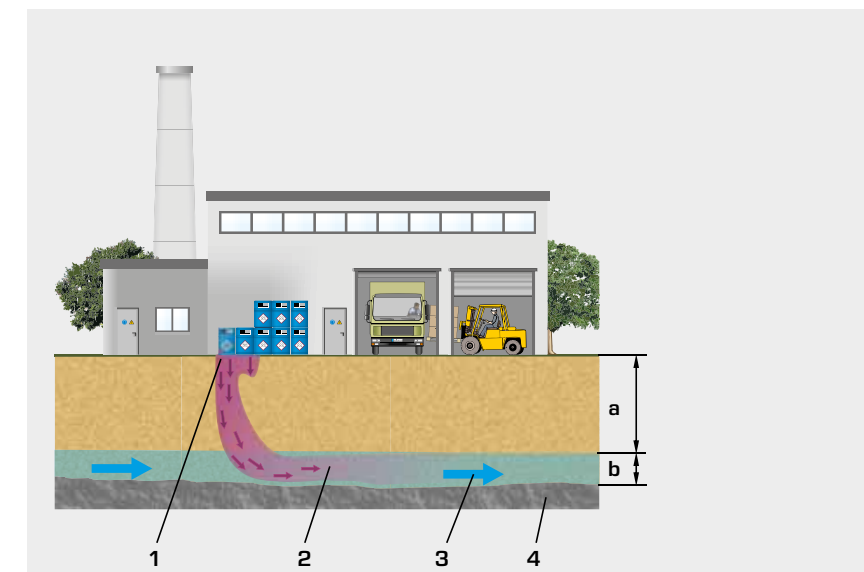
Auswirkung und Nutzung von Sickerströmungen

Die Auswirkung von Sickerströmungen bei der Durchströmung von Dämmen oder der Umströmung von Bauwerken im Wasser spielt im Bauwesen eine wichtige Rolle. So kann z.B. der hydrostatische Druck, der sich im Stauwasser bildet, Bauwerke im hohen Maß beanspruchen, z.B. der Auftrieb bei tiefgehenden Bauwerken (Tiefgarage).

Die Anströmung von Brunnen oder Drainageeinrichtungen wird ebenfalls mit den physikalischen Gesetzmäßigkeiten von Sickerströmungen beschrieben.

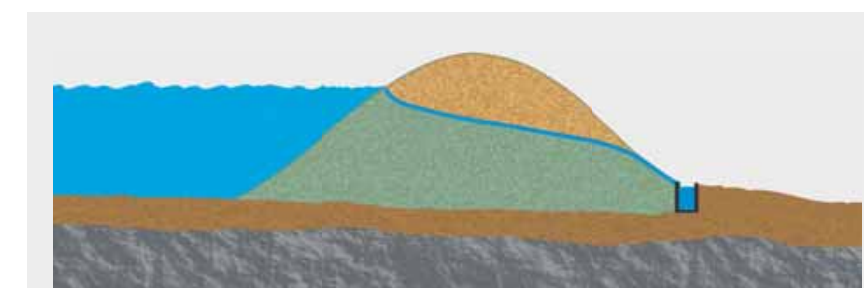
Zum Schutze des Grundwassers dürfen Sickerströmungen nicht vernachlässigt werden, um Verunreinigungen durch Baumaßnahmen, Düngemittel, Chemikalien oder Mineralöle zu vermeiden.

In der Technik werden Strömungsvorgänge, wie sie bei Sickerströmungen auftreten, in der Filtertechnik genutzt. Hier wird zum Zwecke der Reinigung oder Trennung von Medien ein Porenraum durchströmt.

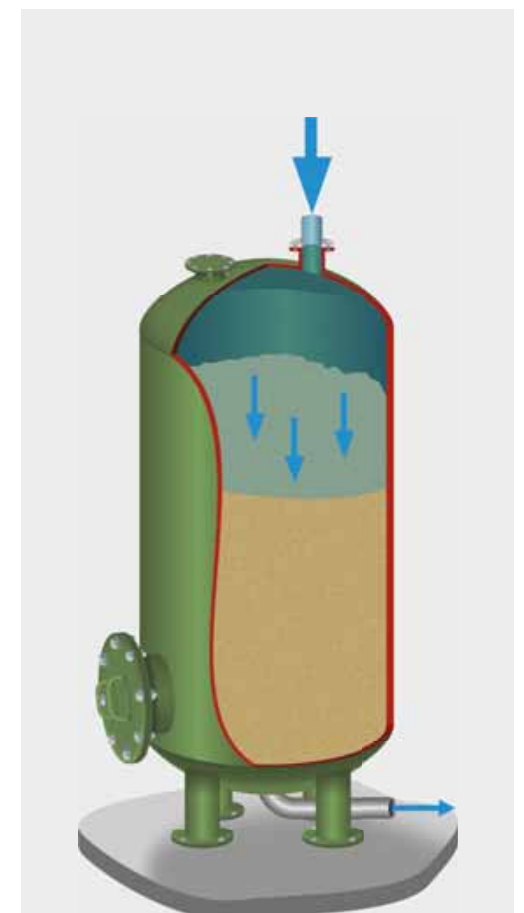


Betrachtung von Sickerströmung im Zusammenhang mit Grundwasserschutz

a wasserungesättigte Bodenschicht, b wasser gesättigte Bodenschicht,
1 Schadstoffeintrag und Versickerung, 2 Schadstofffahne, 3 Grundwasserströmung



Sickerlinie bei der Durchströmung von Dämmen



Sickerströmung in der Filtertechnik

Strömungsvorgänge in Böden

Die Strömungsvorgänge finden in den wassergesättigten Bodenschichten, dem Grundwasser und Stauwasser, sowie oberhalb des Grundwassers, dem Sickerwasser, statt.

Die Ursache für Wasserbewegungen im Boden sind Potentialunterschiede. Dabei bewegt sich das Wasser immer von Stellen höheren Potentials, also höherer potentieller Energie, zu Stellen mit niedrigerem Potential. Die Wasserbewegung erfolgt so lange, bis sich ein Gleichgewicht zwischen den Potentialen einstellt.

Niederschläge, Grundwasserentnahme und Evapotranspiration (Verdunstung von der freien Oberfläche sowie Wasserdampfabgabe von Pflanzen) unterbrechen die Einstellung eines Potentialgleichgewichts immer wieder. Das Bodenwasser ist selten in einem statischen Gleichgewicht. Die Wasserbewegung ist außerdem abhängig von der Durchlässigkeit des durchström-

ten Bodens. Die Durchlässigkeit wird mit dem Durchlässigkeitskoeffizienten k_f in m/s beschrieben und ist abhängig von der Korngröße und dem nutzbaren Porenraum.

Durchlässigkeitskoeffizient k_f in m/s
Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18130

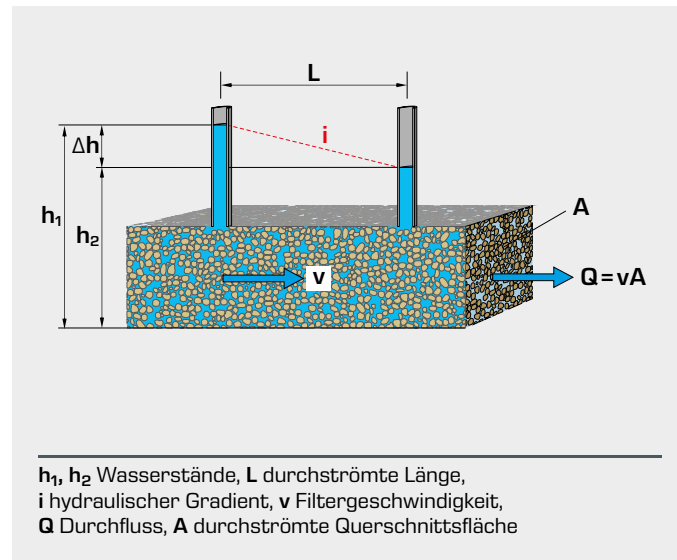
k_f in m/s	Bodenschicht
$< 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
$> 10^{-6}$ bis 10^{-4}	durchlässig
$> 10^{-4}$ bis 10^{-2}	stark durchlässig
$> 10^{-2}$	sehr stark durchlässig

Rechnerische Bestimmung der Strömungsvorgänge

Die genaue Bestimmung der Strömungsvorgänge ist durch die Inhomogenität des durchströmten Bodens schwierig. Für die Berechnung der Strömungsvorgänge werden daher idealisierte Verhältnisse angenommen. Für die Mehrzahl der auftretenden Probleme gilt mit hinreichender Genauigkeit das Darcy-Gesetz.

Nach Darcy ist die Filtergeschwindigkeit v proportional zur Energiehöhe Δh , die auf der Länge L abgebaut wird. Die dimensionslose Größe $\Delta h / L$ wird als hydraulischer Gradient i bezeichnet. Das Filtergesetz nach Darcy lautet:

$$v = k_f \frac{\Delta h}{L} = k_f i$$



Für die Anwendung des Darcy-Gesetzes wird ein homogener Untergrund für den gesamten Strömungsbereich angenommen, in dem allgemein eine laminare Strömung mit Reynoldszahlen 1...10 vorliegt.

$$Re = \frac{d v}{\nu_{fl}} < 10$$

Re Reynoldszahl, d mittlerer Korndurchmesser,
 v Geschwindigkeit, ν_{fl} kinematische Viskosität des Fluids

Sickergeschwindigkeit in Abhängigkeit der Bodenkapazität in wasserungesättigten Böden

v	Bodenschicht	Korngröße
5m / Jahr	Kies	2...63mm
2...4m / Jahr	Sand	0,063...2mm
1m / Jahr	Schluff	0,002...0,063mm
einige cm / Jahr	Ton	< 0,002mm

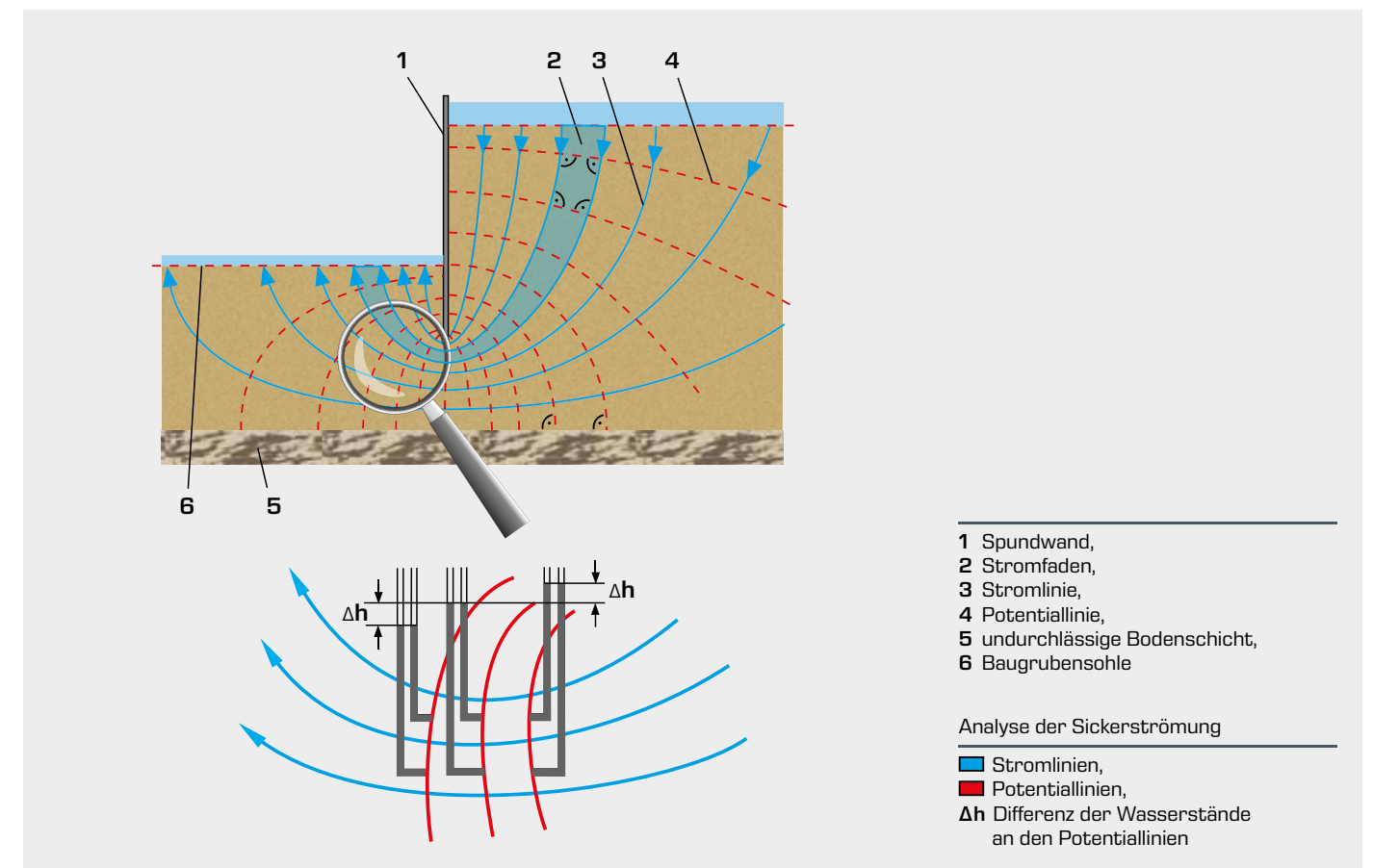
Graphische Bestimmung der Strömungsvorgänge

Die Analyse der Sickerströmung durch einen Damm, eine Baugrube oder unter einem Wehr sowie die Bestimmung der Grundwasserströmung in Senken und Quellen können zeichnerisch mit Hilfe eines Strömungsnetzes, auch Potentialnetz genannt, erfolgen. Als Grundlage für die Bestimmung des Strömungsnetzes dient ebenfalls die Anwendung des Darcy-Gesetzes. Bei der Auswertung werden Sickerdurchfluss, Druckverteilung auf das betrachtete Bauwerk oder weitere Standsicherheitsbetrachtungen ermittelt.

Aufbau eines Strömungsnetzes

Im Strömungsnetz wird der Verlauf der Stromlinien zweidimensional aufgetragen. Die Potentiallinien verbinden die Punkte mit gleichem Potential, in diesem Fall gleichen Wasserspiegelhöhen. Die Stromlinien verlaufen rechtwinklig zu den Potentiallinien, da das Wasser auf dem kürzesten Weg vom höheren Potential zum niedrigen Potential strömt.

Grundwasserströmung um eine Spundwand



Sickerströmungen sind nicht direkt beobachtbar, da sie im nicht einsehbaren porösen Medium stattfinden. All diese Vorgänge können nur durch Labormodelle oder entsprechende Messeinrichtungen „sichtbar“ gemacht werden.

Die GUNT-Versuchsgeräte in diesem Kapitel behandeln sowohl Versickerungsvorgänge als auch Grundwasserverläufe. In praxisrelevanten Problemstellungen werden die Auswirkung von Brunnen oder Gruben sowie die Auswirkung auf Bauwerke wie Stützmauern oder Spundwände untersucht und visualisiert.