



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorlesungen über technische Mechanik

Föppl, August

Leipzig, 1901

§. 49. Grundwasserströmungen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84695](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84695)

von Zeuner über die Theorie der Turbinen, Leipzig 1899, verwiesen.

§ 49. Grundwasserströmungen.

Wesentlich verschieden von den bisher besprochenen ist die Bewegung des Wassers durch ein Filter oder durch eine wasserdurchlässige Bodenschicht, die gleichfalls als ein Filter betrachtet werden kann. Am nächsten verwandt ist diese Bewegung mit der in § 47 besprochenen Strömung durch ein sehr enges Rohr. Die Wassertheilchen müssen sich durch die engen und unregelmässig aufeinander folgenden Hohlräume des Filters hindurchwinden und können auch bei grossen Druckunterschieden wegen der Reibung an den dicht bei einander liegenden Sandkörnern o. dgl. verhältnissmässig nur sehr geringe Geschwindigkeiten annehmen.

Wenn zum Zwecke der Wassergewinnung ein Schacht in eine wasserführende Schicht des Bodens abgeteuft und das Wasser durch eine Pumpe daraus stetig entnommen wird, senkt sich der Grundwasserspiegel an dieser Stelle. Hierdurch entsteht ein Gefäll nach dem Brunnen hin von solcher Grösse, dass der dadurch bewirkte Zufluss des Grundwassers im Beharrungszustande ebenso gross ist, als die Wasserentnahme aus dem Brunnen. Die Zuflussgeschwindigkeit übersteigt hierbei selten einige Meter in der Stunde und ist in einiger Entfernung vom Brunnen noch erheblich geringer. Die lebendige Kraft des strömenden Wassers ist daher sehr gering und die durch die Spiegelsenkung ausgelöste potentielle Energie wird fast ausschliesslich zur Ueberwindung der Reibungen verbraucht.

Es lässt sich hiernach schon erwarten, dass das zur Aufrechterhaltung der Strömung erforderliche Druckgefäll wie bei den engen Röhren, die mit geringer Geschwindigkeit durchströmt werden, der ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional ist. Dies steht auch in guter Uebereinstimmung mit der Erfahrung. Im Uebrigen kommt es natürlich wesentlich auf die Zusammensetzung des Filters, auf die Grösse, Gestalt und Lagerung der

Sandkörner u. s. f. an, wie gross das zu einer gegebenen Strömungsgeschwindigkeit erforderliche Druckgefäll sein muss. Die Zusammensetzung des Bodens kann auch längs der wasserführenden Schicht starken und unregelmässigen Schwankungen unterworfen sein, durch die Abweichungen in der Wasserbewegung herbeigeführt werden, die sich nicht voraussehen lassen. Immerhin wird man sich zunächst ein Urtheil darüber verschaffen müssen, welche Bewegung unter regelmässigen Umständen zu Stande käme.

Wie man Aufgaben dieser Art behandelt, wird sich aus dem folgenden einfachen Beispiele ergeben, auf dessen Unter-

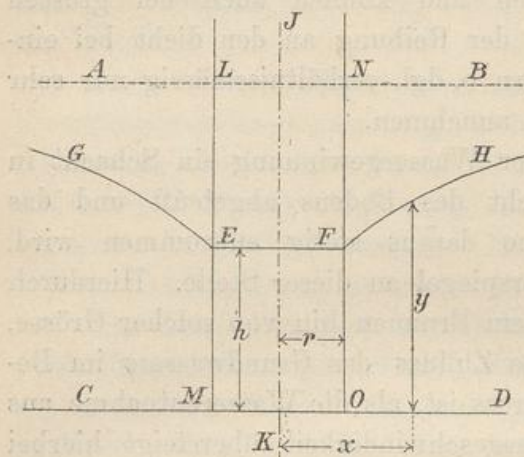


Abb. 69.

suchung ich mich hier beschränke. In Abb. 69 sei AB der horizontale Grundwasserspiegel vor dem Betriebe des Brun- nens. Die Terrainober- fläche ist gleichgültig und daher in der Abbildung weggelassen. CD sei die Oberfläche der undurch- lässigen Schicht, die den Grundwasserstrom nach unten hin begrenzt. Die Oberfläche CD möge eine horizontale Ebene bilden. JK sei die Axe und LM , NO seien die Seitenwände des im Grundrisse kreisförmigen Brunnen- schachtes. EF sei der Wasserspiegel im Brunnen, der sich im Beharrungszustande einstellt, wenn die Wassermenge Q in der Zeiteinheit entnommen wird. FH und EG sind Theile des gesenkten Grundwasserspiegels im Beharrungszustande.

Da wir überall gleiche Bodenbeschaffenheit voraussetzen, bildet der gesenkte Grundwasserspiegel eine Rotationsfläche, deren Axe JK ist. Die Geschwindigkeit v der Grundwasser- strömung im Abstände x von der Axe kann nach unserer Annahme

$$v = k \frac{dy}{dx} \quad (286)$$

gesetzt werden, wenn k einen von der Bodenbeschaffenheit abhängigen Coefficienten bedeutet, der im einzelnen Falle aus besonderen Versuchen zu ermitteln ist. Die Geschwindigkeit v ist übrigens in allen auf derselben Lothrechten liegenden Punkten als gleich gross anzusehen. Für die Wassermenge Q , die von aussen her durch den Cylindermantel vom Halbmesser x strömt, hat man daher

$$Q = 2\pi xyv = 2\pi kxy \frac{dy}{dx}.$$

Der Continuitätsbedingung wegen muss durch jeden Cylindermantel von einem beliebigen Halbmesser x , der zwischen r und ∞ liegt, dieselbe Menge strömen. In der vorausgehenden Gleichung ist daher Q eine Constante. Schreiben wir die Gleichung in der Form

$$\frac{dx}{x} = \frac{2\pi k}{Q} y dy,$$

so kann sie ohne Weiteres integrirt werden und liefert

$$\lg x = C + \frac{\pi k}{Q} y^2. \quad (287)$$

Für $x = r$ wird $y = h$, d. h. gleich der Höhe des Wasserspiegels im Brunnen über der undurchlässigen Schicht. Daraus folgt für die Integrationsconstante C

$$C = \lg r - \frac{\pi k}{Q} h^2.$$

Setzt man das ein und löst nach Q auf, so erhält man

$$Q = \pi k \cdot \frac{y^2 - h^2}{\lg \frac{x}{r}}. \quad (288)$$

In einem Abstände R vom Brunnenschachte sei ein Bohrloch niedergetrieben, in dem man die Höhe H des Grundwasser-

spiegels beobachtet. Das gesammte Gefäll $H - h$ vom Bohrloche bis zum Brunnen sei ferner noch zur Abkürzung mit s bezeichnet. Dann liefert die vorige Gleichung mit $x = R$ und $y = H$

$$Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}} = \frac{\pi k}{\lg \frac{R}{r}} s (2H - s). \quad (289)$$

Aus dieser Gleichung erkennt man den Zusammenhang zwischen dem Gefälle s und der Ergiebigkeit des Brunnens. Wenn die undurchlässige Schicht CD sehr tief liegt, H also sehr gross gegen s ist, wächst die Ergiebigkeit des Brunnens zunächst proportional mit der Spiegelsenkung.

Es möge schliesslich noch darauf hingewiesen werden, dass man zu ungereimten Resultaten käme, wenn man die Spiegelcurve FH auf Grund der vorausgehenden Gleichungen bis ins Unendliche verfolgen wollte. Das ist auch ganz selbstverständlich. Nach unserem Ansatz wurde nirgends ein Zufluss zum Grundwasser vorausgesetzt, vielmehr angenommen, dass der Grundwasserspiegel vor Betrieb des Brunnens überall horizontal und das Grundwasser ohne eigene Bewegung gewesen sei. Wenn dies so wäre, könnte aber nach Betrieb des Brunnens ein Beharrungszustand überhaupt nicht eintreten, da die fortgeschaffte Wassermenge durch stets weiter fortschreitende und sich schliesslich bis auf die grössten Entfernungen hin merklich machende Spiegelsenkungen ausgeglichen werden müsste. In Wirklichkeit wird vielmehr in grösserer Entfernung vom Bohrloche durch den Zusammenhang mit anderen Gewässern eine Speisung des Grundwassers stattfinden, die den Abgang ohne merkliche fernere Spiegelsenkung stets wieder ersetzt. Das Bohrloch, von dem vorher die Rede war, sollte demnach nur eine Stelle bezeichnen, bis zu der hin die Gültigkeit der gemachten Voraussetzungen noch genau genug angenommen werden kann.

Als bemerkenswerthes Beispiel für den Nutzen, der aus Rechnungen solcher Art gezogen werden kann, darf ein Vortrag des Herrn A. Thiem bezeichnet werden, der kürzlich in

„Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung“, 1898, erschienen ist. Ich kann mir es nicht versagen, aus der Abhandlung dieses hervorragenden Ingenieurs, der auf dem Gebiete der Wasserversorgung auf praktische Leistungen und auf Erfahrungen zurückblicken kann, wie kaum ein Anderer, hier einen Satz anzuführen, der mir so recht geeignet erscheint, dieses Buch abzuschliessen.

Nach der Beschreibung einer Wasserfassung, die er bei Essen a. d. Ruhr ausführte, sagt Thiem:

„Es möge dieser Vorgang als Beispiel dafür dienen, dass der Theoretiker mit Hilfe eines zuverlässigen Gesetzes und der daraus gewonnenen Ableitungen auch auf dem Gebiete der Hydrologie mit Sicherheit und sehenden Auges Wege beschreiten kann, die der blosse Praktiker nur mit verbundenen Augen tastend zurücklegt, wenn ihm dies überhaupt gelingt.“