

Tabelle 5:

| Labor-Nr. der Probe | Nr. | — | M3 | M4 | | |
|--|-----------------|-------------------|------------------------|------------------------|------|-----------------------|
| Bodenart | — | — | T, u, s° | T, u, s°, g' | | |
| Farbe - Beschaffenheit | — | — | graubraun | graubraun | | |
| Bohrung/Schürfe | Nr. | — | Sch. 3 + 8 | Sch. 1 - 7 | | |
| Bodenschicht | — | — | Schluff + Gneiszersatz | Schluff + Gneiszersatz | | |
| Entnahmetiefe | von-bis | m | 0,80 - 1,70 | 0,40 - 1,50 | | |
| gestört (g), Sonderprobe (S) | — | — | g | g | | |
| Tongehalt (Feinstes) | < 0,002 mm | % | 17 | 14 | | |
| Schlämmkorn | < 0,063 mm | % | 50 | 43 | | |
| Kornkennziffern | — | - | 2 3 5 0 0 | 1 3 5 1 0 | | |
| Ungleichförmigkeitszahl | U | 1 | - | - | | |
| Krümmungszahl | C _c | 1 | - | - | | |
| Gruppensymbol DIN 18196 | — | — | TM | TM | | |
| Korndichte | ρ _s | t/m ³ | 2,682 | 2,679 | | |
| Wassergehalt | w | % | 18,8# | 13,3 | 20,3 | 16,1# |
| Feuchtdichte | ρ | t/m ³ | | 2,17 | | 2,15 |
| Trockendichte | ρ _d | t/m ³ | | 1,92 | | 1,85 |
| Porenanteil | n | 1 | | 0,29 | | 0,31 |
| Porenzahl | e | 1 | | 0,40 | | 0,45 |
| Glühverlust/org. Substanz | V _{gl} | % | | | | |
| Kalkgehalt | V _{Ca} | % | | | | |
| Fließgrenze | w _L | % | 35,7 | | | 39,8 |
| Ausrollgrenze | w _P | % | 19,7 | | | 24,5 |
| Plastizitätszahl | I _P | % | 16,0 | | | 15,2 |
| Konsistenzzahl | I _C | 1 | 0,694 | | | 0,758 |
| Schrumpfgrenze | w _S | % | - | | | - |
| Aktivitätszahl | I _A | 1 | - | | | 0,8 |
| Proctordichte | ρ _{Pr} | t/m ³ | 1,93 | | | 1,86 |
| optimaler Wassergehalt | w _{Pr} | % | 12,0 | | | 14,3 |
| Verdichtungsgrad | D _{Pr} | 1 | | | | |
| Steifemodul (100 kN/m ²) | E _{S1} | MN/m ² | | | | |
| Steifemodul (200 kN/m ²) | E _{S2} | MN/m ² | | | | |
| Steifemodul (300 kN/m ²) | E _{S3} | MN/m ² | | | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit | q _u | MN/m ² | | | | |
| Innerer Reibungswinkel (dräniert) | φ' | Grad | 36,0 | | | 33,1 |
| Kohäsion (dräniert) | c' | kN/m ² | 22 | | | 27 |
| Reibungswinkel | φ _u | Grad | | | | |
| Kohäsion | c _u | kN/m ² | | | | |
| Durchlässigkeitsbeiwert | k ₁₀ | m/s | 1,3x10 ⁻¹⁰ | | | 2,9x10 ⁻¹⁰ |
| Wasseraufnahme nach Enslin/Neff | w _A | % | 38,3 | | | 40,8 |
| Bemerkung: # Einbauwerte Durchlässigkeitsversuch | | | | | | |

Tabelle 4:

| Labor-Nr. der Probe | Nr. | — | M1 | M2 | | |
|---|-----------------|-------------------|-------------|------------------------|-------|-----------------------|
| Bodenart | — | — | T, u, s* | T, u, s* | | |
| Farbe - Beschaffenheit | — | — | graubraun | graubraun | | |
| Bohrung/Schürfe | Nr. | — | Sch. 1 - 7 | Sch. 4 + 7 | | |
| Bodenschicht | — | — | Schluff | Schluff + Gneiszersatz | | |
| Entnahmetiefe | von-bis | m | 0,40 - 1,50 | 1,00 - 2,80 | | |
| gestört (g), Sonderprobe (S) | — | — | g | g | | |
| Tongehalt (Feinstes) | < 0,002 mm | % | 17 | 18 | | |
| Schlammkorn | < 0,063 mm | % | 54 | 61 | | |
| Kornkennziffern | — | - | 2 4 4 0 0 | 2 4 4 0 0 | | |
| Ungleichförmigkeitszahl | U | 1 | - | - | | |
| Krümmungszahl | C _c | 1 | - | - | | |
| Gruppensymbol DIN 18196 | — | — | TM | TM | | |
| Korndichte | ρ _s | t/m ³ | 2,657 | 2,677 | | |
| Wassergehalt | w | % | 22,7 | 16,8# | 21,0 | 16,3# |
| Feuchtdichte | ρ | t/m ³ | | 2,08 | | 2,12 |
| Trockendichte | ρ _d | t/m ³ | | 1,78 | | 1,82 |
| Porenanteil | n | 1 | | 0,33 | | 0,32 |
| Porenzahl | e | 1 | | 0,49 | | 0,47 |
| Glühverlust/org. Substanz | V _{gl} | % | | | | |
| Kalkgehalt | V _{Ca} | % | | | | |
| Fließgrenze | w _L | % | 39,9 | | 43,9 | |
| Ausrollgrenze | w _P | % | 19,7 | | 19,7 | |
| Plastizitätszahl | I _P | % | 20,1 | | 24,2 | |
| Konsistenzzahl | I _C | 1 | 0,560 | | 0,769 | |
| Schrumpfgrenze | w _S | % | - | | - | |
| Aktivitätszahl | I _A | 1 | 0,9 | | 1,1 | |
| Proctordichte | ρ _{Pr} | t/m ³ | 1,81 | | 1,84 | |
| optimaler Wassergehalt | w _{Pr} | % | 13,5 | | 14,6 | |
| Verdichtungsgrad | D _{Pr} | 1 | | | | |
| Steifemodul (100 kN/m ²) | E _{S1} | MN/m ² | | | | |
| Steifemodul (200 kN/m ²) | E _{S2} | MN/m ² | | | | |
| Steifemodul (300 kN/m ²) | E _{S3} | MN/m ² | | | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit | q _u | MN/m ² | | | | |
| Innerer Reibungswinkel (dräniert) | φ' | Grad | 31,9 | | 31,6 | |
| Kohäsion (dräniert) | c' | kN/m ² | 36 | | 42 | |
| Reibungswinkel | φ _u | Grad | | | | |
| Kohäsion | c _u | kN/m ² | | | | |
| Durchlässigkeitsbeiwert | k ₁₀ | m/s | | 1,9x10 ⁻⁹ | | 6,0x10 ⁻¹¹ |
| Wasseraufnahme nach Enslin/Neff | w _A | % | 40,7 | | 44,8 | |
| Bemerkung: # Einbauwerte Durchlässigkeitsversuch | | | | | | |

Tabelle 3:

| | | | | |
|--|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| Labor-Nr. der Probe | Nr. | --- | 8041 | 8051 |
| Bodenart | --- | --- | T, u, s ^a | T, u, s ^a , g' |
| Farbe - Beschaffenheit | --- | --- | graubraun | graubraun |
| Bohrung/Schürfe | Nr. | --- | Sch. 4 | Sch. 8 |
| Bodenschicht | --- | --- | Schluff | Schluff |
| Entnahmetiefe | von - bis | m | 1,00 - 1,50 | 0,50 - 0,80 |
| gestört (g), Sonderprobe (S) | --- | --- | g | g |
| Tongehalt (Feinstes) | < 0,002 mm | % | 17 | 16 |
| Schlämmerkorn | < 0,063 mm | % | 62 | 46 |
| Kornkennziffern | --- | - | 2 4 4 0 0 | 1 3 5 1 0 |
| Ungleichförmigkeitszahl | U | 1 | - | - |
| Krümmungszahl | C _c | 1 | - | - |
| Gruppensymbol DIN 18196 | --- | --- | TM | TM |
| Korndichte | ρ _s | t/m ³ | 2,671 | 2,673 |
| Wassergehalt | w | % | 21,4 16,8# | 20,5 15,8# |
| Feuchtdichte | ρ | t/m ³ | 2,08 | 2,12 |
| Trockendichte | ρ _d | t/m ³ | 1,78 | 1,83 |
| Porenanteil | n | 1 | 0,36 | 0,32 |
| Porenzahl | e | 1 | 0,50 | 0,46 |
| Glühverlust/org. Substanz | V _{gl} | % | 3,3 | |
| Kalkgehalt | V _{Ca} | % | | |
| Fließgrenze | w _L | % | 39,8 | 40,2 |
| Ausrollgrenze | w _P | % | 19,0 | 18,9 |
| Plastizitätszahl | I _P | % | 20,8 | 21,3 |
| Konsistenzzahl | I _C | 1 | 0,695 | 0,496 |
| Schrumpfgrenze | w _S | % | - | - |
| Aktivitätszahl | I _A | 1 | 1,0 | 0,9 |
| Proctordichte | ρ _{Pr} | t/m ³ | 1,81 | 1,87 |
| optimaler Wassergehalt | w _{Pr} | % | 16,1 | 13,4 |
| Verdichtungsgrad | D _{Pr} | 1 | | |
| Steifemodul (100 kN/m ²) | E _{S1} | MN/m ² | | |
| Steifemodul (200 kN/m ²) | E _{S2} | MN/m ² | | |
| Steifemodul (300 kN/m ²) | E _{S3} | MN/m ² | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit | q _u | MN/m ² | | |
| Innerer Reibungswinkel (dräniert) | φ' | Grad | 32, | 33,7 |
| Kohäsion (dräniert) | c' | kN/m ² | 31 | 32 |
| Reibungswinkel | φ _u | Grad | | |
| Kohäsion | c _u | kN/m ² | | |
| Durchlässigkeitsbeiwert | k ₁₀ | m/s | 9,4x10 ⁻¹⁰ | 1,2x10 ⁻¹⁰ |
| Wasseraufnahme nach Enslin/Neff | w _A | % | 43,2 | 38,5 |
| Bemerkung: # Einbauwerte Durchlässigkeitsversuch | | | | |

Tabelle 2:

| Labor-Nr. der Probe | Nr. | — | 8031 | 8033 | 8037 | 8050 |
|--|-----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bodenart | — | — | S, u, t', g' | S, g, x, u, t' | T, u, s*, g | T, u, s*, x', g' |
| Farbe - Beschaffenheit | — | — | graubraun | braun | braun | graubraun |
| Bohrung/Schürfe | Nr. | — | Sch. 1 | Sch. 2 | Sch. 3 | Sch. 7 |
| Bodenschicht | — | — | Gneiszersatz | Gneiszersatz | Gneiszersatz | Gneiszersatz |
| Entnahmetiefe | von - bis | m | 1,80 - 2,20 | 2,00 - 2,40 | - 1,70 | 2,40 - 2,80 |
| gestört (g), Sonderprobe (S) | — | — | g | g | g | g |
| Tongehalt (Feinstes) | < 0,002 mm | % | 12 | 5 | 14 | 16 |
| Schlammkorn | < 0,063 mm | % | 32 | 23 | 41 | 47 |
| Kornkennziffern | — | - | 1 2 6 1 0 | 0 2 4 2 2 | 1 3 4 2 0 | 2 3 3 1 1 |
| Ungleichförmigkeitszahl | U | 1 | - | 163 | - | - |
| Krümmungszahl | C _c | 1 | - | 0,9 | - | - |
| Gruppensymbol DIN 18196 | — | — | ST* | ST* | TM | TM |
| Korndichte | ρ _s | t/m ³ | 2,705 | 2,691 | 2,673 | 2,678 |
| Wassergehalt | w | % | 19,2 14,8# | 13,9 13,9# | 15,7 14,1# | 17,0 19,5# |
| Feuchtdichte | ρ | t/m ³ | 2,15 | 2,16 | 2,13 | 2,08 |
| Trockendichte | ρ _d | t/m ³ | 1,87 | 1,90 | 1,86 | 1,74 |
| Porenanteil | n | 1 | 0,31 | 0,30 | 0,30 | 0,35 |
| Porenzahl | e | 1 | 0,44 | 0,42 | 0,43 | 0,56 |
| Glühverlust/org. Substanz | V _{gl} | % | | | 2,9 | |
| Kalkgehalt | V _{Ca} | % | | | | |
| Fließgrenze | w _L | % | 40,1 | 34,4 | 41,6 | 48,9 |
| Ausrollgrenze | w _P | % | 22,7 | 21,4 | 22,1 | 24,0 |
| Plastizitätszahl | I _P | % | 17,4 | 13,1 | 19,5 | 24,9 |
| Konsistenzzahl | I _C | 1 | - | - | 0,877 | 0,907 |
| Schrumpfgrenze | w _S | % | - | - | - | - |
| Aktivitätszahl | I _A | 1 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 1,0 |
| Proctordichte | ρ _{Pr} | t/m ³ | 1,91 | 1,94 | 1,89 | 1,79 |
| optimaler Wassergehalt | w _{Pr} | % | 13,1 | 11,8 | 13,8 | 16,5 |
| Verdichtungsgrad | D _{Pr} | 1 | | | | |
| Steifemodul (100 kN/m ²) | E _{S1} | MN/m ² | | | | |
| Steifemodul (200 kN/m ²) | E _{S2} | MN/m ² | | | | |
| Steifemodul (300 kN/m ²) | E _{S3} | MN/m ² | | | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit | q _u | MN/m ² | | | | |
| Innerer Reibungswinkel (dräniert) | φ' | Grad | 33,9 | 39,4 | 33,4 | 28,6 |
| Kohäsion (dräniert) | c' | kN/m ² | 34 | 11 | 34 | 35 |
| Reibungswinkel | φ _u | Grad | | | | |
| Kohäsion | c _u | kN/m ² | | | | |
| Durchlässigkeitsbeiwert | k ₁₀ | m/s | 3,3x10 ⁻¹⁰ | 6,3x10 ⁻¹⁰ | 2,2x10 ⁻¹⁰ | 1,4x10 ⁻¹⁰ |
| Wasseraufnahme nach Enslin/Neff | w _A | % | 44,2 | 35,3 | 38,2 | 45,7 |
| Bemerkung: # Einbauwerte Durchlässigkeitsversuch | | | | | | |

Auswertung der WD-Versuche

| Bohrung | Anzahl | Tiefe [m] | k_j [m/s] |
|---------|--------|--------------|--------------------|
| B 1 | 5 | 7 bis 9 | 8×10^{-6} |
| B 2 | 1 | 6,2 bis 8,3 | 8×10^{-5} |
| | 1 | 8 bis 9,8 | 2×10^{-5} |
| B 3 | 2 | 8 bis 14,2 | 7×10^{-5} |
| | 5 | 12 bis 14,2 | 4×10^{-7} |
| B 4 | 1 | 8 bis 10 | 3×10^{-5} |
| | 1 | 10 bis 11,2 | 1×10^{-3} |
| | 5 | 11 bis 12 | 9×10^{-7} |

| | |
|--|---|
| Univ. Prof. Dr.-Ing. Th. Strobl München | |
| Auftraggeber: Stadt Deggendorf | |
| Projekt: Hochwasserrückhaltebecken Aubach | |
| Datum: 28.2.96 | Auswertung der Wasserdurchlässigkeitsversuche |
| L-Maßstab = 1: | Az.: Anlage: 4 |

Auswertung der Wasserabpreßversuche

Zur Feststellung der Gebirgsdurchlässigkeit wurden im Rahmen der Aufschlußbohrungen Wasserabpreßversuche (WD-Tests) im Bohrloch durchgeführt. Dabei konnte kein durchgehendes Durchlässigkeitsprofil im Bohrloch ermittelt werden, da der Packer im Gneiseratz nicht wasserdicht an das Gebirge angeschlossen werden konnte. Erst im Gneis waren die WD-Versuche durchführbar. Umläufigkeiten des Packers, die geologisch bedingt waren und teilweise sehr hohe Wasseraufnahmen schränkten die Versuchsdurchführung ebenfalls in ihrem Umfang ein.

Theoretische Grundlagen für die Auswertung

Wasserabpreßversuche (WD-Versuche) sind im Talsperrenbau der häufigste Versuch zur Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit. Versuche mit unterschiedlichen Druckstufen erlauben es, die Abhängigkeit der Gebirgsdurchlässigkeit vom Abpreßdruck und damit wichtige Randbedingungen für die Beurteilung der Durchlässigkeit und einer eventuell notwendigen Gebirgsinjektion zu bestimmen.

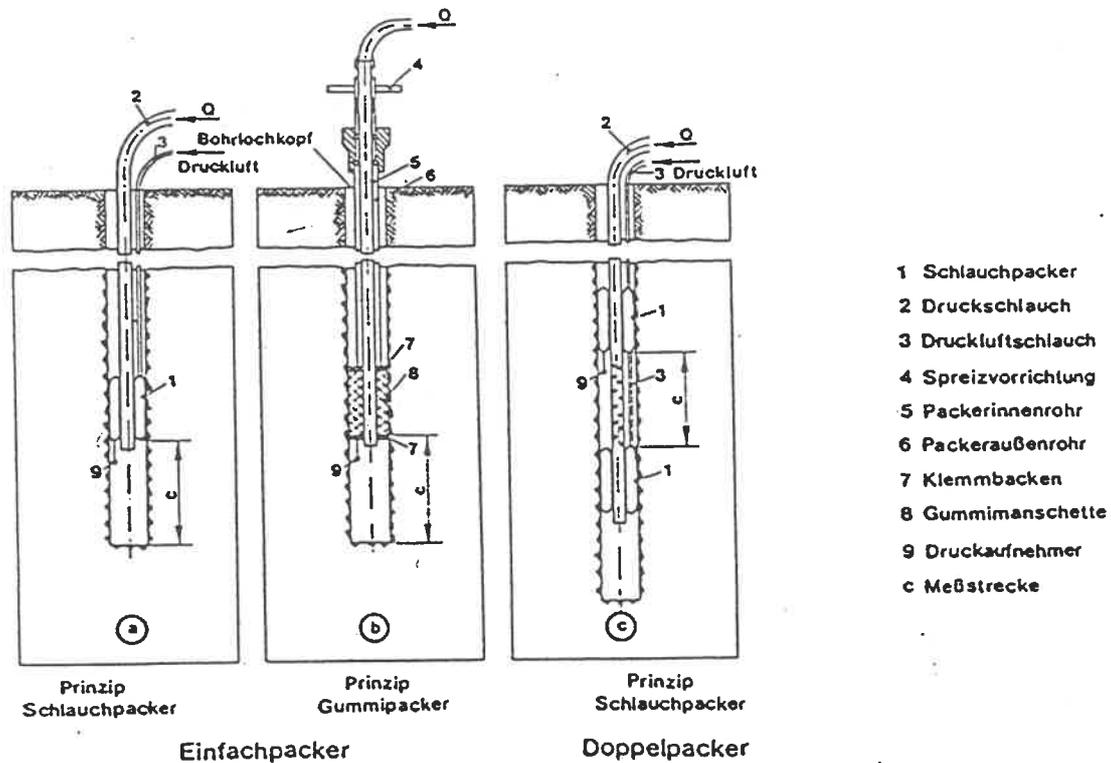
Das Schema des Wasserabpreßversuches mit Hilfe von Einfachpackern ist in unten stehender Abbildung dargestellt. Die mittlere Durchlässigkeit des Gebirges k_i in m/s in der Ebene der vom Bohrloch senkrecht geschnittenen Trennflächenschar i ergibt sich nach (DGEG 9, 1984) zu:

$$k_i = \frac{Q}{2 \cdot c \cdot \frac{P_0}{\gamma_w} \cdot \pi} \cdot \ln \frac{R}{r_0}$$

Darin bedeuten:

| | |
|----------------|---|
| c | die Länge der Meßstrecke in m |
| R | die rechnerische Reichweite des Versuchs in m (in der Praxis kann $10 \text{ m} < R < 100 \text{ m}$ angenommen werden) |
| r_0 | Bohrlochradius in m |
| Q | Durchfluß in m ³ /s |
| P_0/γ_w | Druckhöhe in m |

Für die Auswertung wird ein laminarer Fließvorgang angenommen.



Schema des Wasserabpreßversuches [DGEG (9), 1984]

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Insgesamt wurden im Greis 8 WD-Versuche mit jeweils 1 - 5 Druckstufen ausgeführt. In der Anlage 1 sind die Versuche einzeln aufgeführt und die Ergebnisse der Auswertung zusammengefaßt. Danach schwankt die Durchlässigkeit zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $4 \cdot 10^{-7}$ m/s. Aus der graphischen Darstellung der Anlage 2 ist weiter zu entnehmen, daß das Gebirge ab etwa 10 m Tiefe dichter wird (WD-Versuche in B 3 und B 4).