

Empfehlungen zu Geotechnischen Grundlagen für kleine Stauanlagen

Dr. von Moos AG, Geotechnisches Büro
Beratende Geologen und Ingenieure
CH-8037 Zürich **www.geovm.ch**

Dr. Markus von Moos



Foto: G. Paravicini



Empfehlungen zu Geotechnischen Grundlagen für kleine Stauanlagen

INHALT:

- 1 Geotechnischer Entwurf**
- 2 Baugrund**
- 3 Dammschüttmaterial**
- 4 Einbau Schüttmaterial**
- 5 Labor-/Feldversuche, Kontrollen**

Geotechnischer Entwurf

Dammstandort

- standortgebunden
- oft schlechter Baugrund
- geringe Tragfähigkeit, setzungsfähige Schichten

Dammgeometrie

- schlechter Baugrund: flache Böschungen
- grosses Damm- resp. Schüttvolumen

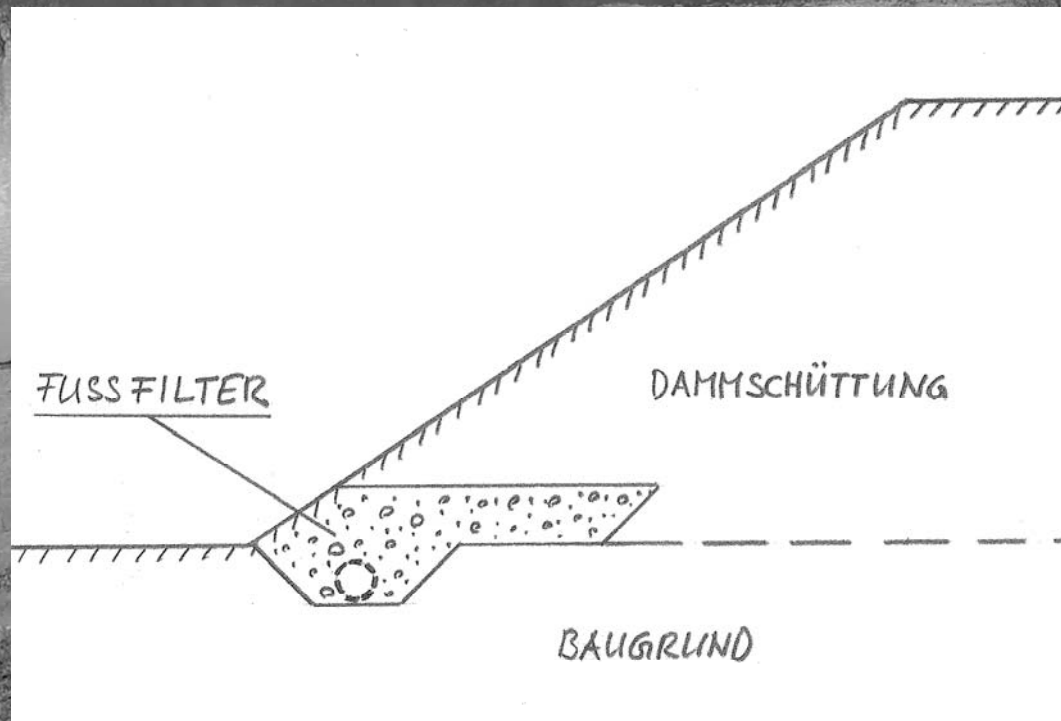
Gestaltung

- flache Böschungen ermöglichen gute Integration in Landschaft
- Bestockung: + 3 bis 5 m zum geotechnisch notwendigen Querschnitt
- landwirtschaftliche Nutzung im Detail klären

Geotechnischer Entwurf

Luftseitiger Dammfuss

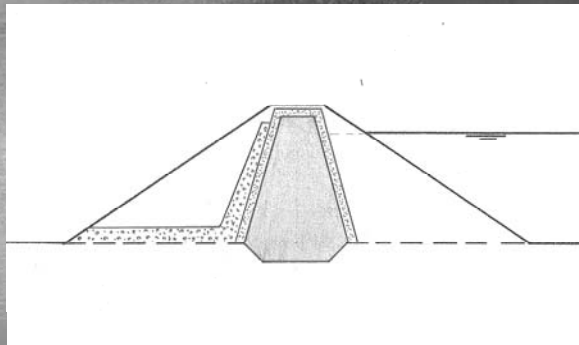
- grosszügig dimensionierter Fussfilter
- spülbare Drainage



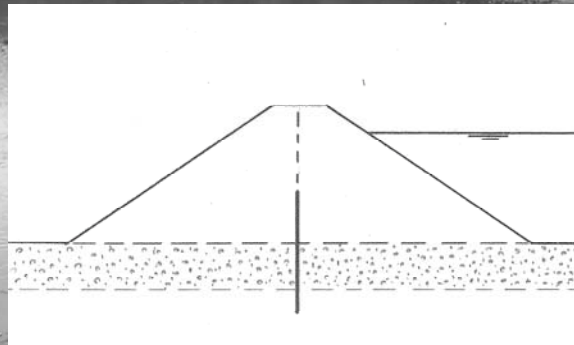
Geotechnischer Entwurf

Spezielle Lösungen mit Dichtungselementen

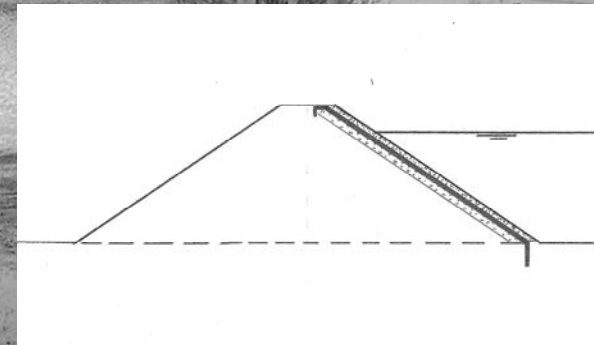
Dichtungskern



Dichtwand



Oberflächenabdichtung



=> Technische Details zum Anschluss der Dichtungselemente an Durchleitbauwerk bzw. Untergrund anspruchsvoll und fehleranfällig

=> i.d.R. homogener Erddamm „robustere“ Lösung für kleine Stauanlagen

Baugrund

Sperrstelle

Baugrunduntersuchung:

- Tragfähigkeit
- Setzungsverhalten
- Grundwasserverhältnisse (gewässerschutzrechtliche Aspekte)

Direkte Sondiermethoden (Kernbohrungen, Baggersondierungen)

=> Direkte Ansprache des Materials, Materialproben für Laboranalysen

Indirekte Sondiermethoden (Ramm- , Drucksondierungen)

=> Ergänzung, Ermittlung Lagerungsdichte, Abtasten tragfähiger Horizont



Baugrund

Stauraum

Baugrunduntersuchung:

- Eignung von allenfalls vorhandenem Schüttmaterial
- Dichtigkeit Stauraum



Dammschüttmaterial

Homogenität

Homogenität der Materialeigenschaften für einen homogenen Dammkörper (geotechnisch notwendiger Querschnitt):

- max. **3** bis **5** verschiedene Entnahmestellen
- mindestens **3'000** bis **5'000 m³** (fest) pro Entnahmestelle

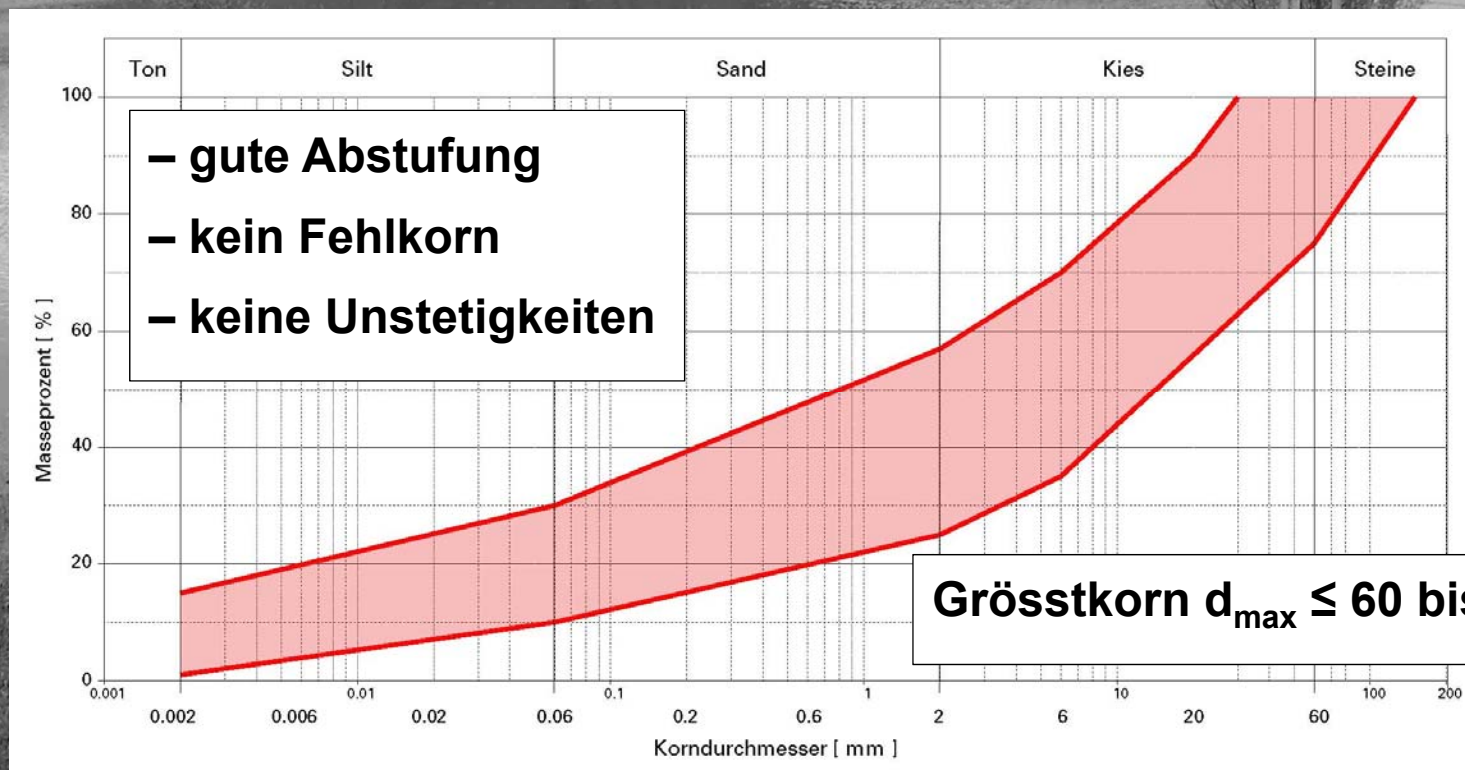


Dammschüttmaterial

Korngrössenverteilung

Homogener Damm – Eignung: „moränenartiges“ Material

d.h. sandiger Kies mit Anteil Silt und Ton (Feinkornanteil > 10 Masse-%)



Dammschüttmaterial

Organische Beimengungen

- idealerweise keine organischen Beimengungen
- falls unvermeidbar: Anteil ≤ 5 Masse-%
- Gehaltsbestimmung: Glühverlust (550°C)



Dammschüttmaterial

Durchlässigkeit

Homogener Damm mit temporärem Einstau:

- Dammkörper $k \leq 10^{-6}$ bis 10^{-5} m/s
- Dammfussfilter $k \geq 10^{-4}$ bis 10^{-3} m/s

Homogener Damm mit permanentem Einstau:

=> Im Detail prüfen, k-Wert 10 bis 100 x kleiner wählen

Einbau Schüttmaterial

Planum, natürlicher Untergrund

Vorgehen = f(geotech. Eigenschaften betr. Tragfähigkeit/Setzungsverhalten)

1) kiesig-sandiger Untergrund: evtl. Nachverdichtung Planum

2) Wenig tragfähige, geringmächtige Schicht:

- Materialersatz bis auf besser tragfähigen Horizont
- In-Situ-Stabilisierung mit begrenzter Tiefenwirkung
- Verbesserung Befahrbarkeit: eingewalzte Schroppenlage

3) Wenig tragfähig bis in grössere Tiefe:

- Baugrundverbesserung mit Tiefenwirkung (z.B. RSV)
- Verbesserung Befahrbarkeit: eingewalzte Schroppenlage

Anforderung: Zusammendruckungsmodul $M_E \geq 15 \text{ MN/m}^2$

Einbau Schüttmaterial

Schüttung

- max. Schichtstärke $D = 20 \text{ bis } 40 \text{ cm} \geq 3 \text{ bis } 4 \times d_{\max}$
- grossflächig schütten => gleichmässige Belastungszunahme
- Anforderung Verdichtung:
Schüttkörper: $\gamma_{d,\text{erf}} \geq 95 \% \gamma_{d,\text{max}}$ (gemäss Proctor standard)
Planum Unterhaltswege/Dammkrone: $M_E \geq 30 \text{ MN/m}^3$

Falls Verdichtungswerte nicht erreicht werden:

- trockene Witterung abwarten
- Material trocknen lassen (umschichten)
- mit Kalk stabilisieren
- Material wechseln

Einbau Schüttmaterial

Stabilisierung

- ungelöschter Kalk: bessere Verarbeitbarkeit durch Wassergehaltsreduktion (Bindung von Wasser und Erwärmung), eher bei feinkörnigem Material
- Zement: nebst der Wassergehaltsreduktion relevanter Festigkeitszuwachs, eher bei körnigen Materialien

Heute häufig Mischprodukte: Probeschüttungen empfehlenswert

- Verdichtungskontrolle und Laborversuche
- Kostenfolge => Bestandteil der Ausschreibung



Einbau Schüttmaterial

Einbaugeräte

- Schaffusswalzen: feinkörniges, bindiges Material



- glatte (Vibro-)Walzen: nicht bindiges, kiesig-sandiges Material



- Oberflächen zum Witterungsschutz glatt abwalzen (mit Gefälle)

Labor-/Feldversuche, Kontrollen

Baugrund

- Standard-Penetration-Test (SPT)
- Drucksondierung (CPT)
- Sieb- und Schlämmanalyse
- Klassifikationsversuche
- Oedometerversuche
- Direktscherversuche



Labor-/Feldversuche, Kontrollen

Schüttmaterial (Versuche zur Überprüfung der Vorgaben)

Versuchsdurchgang **pro Entnahmestelle** resp. **pro 3000 m³**:

- Sieb- und Schlämmanalyse (Korngrößenverteilungskurve)
- Klassifikationsversuche (Wassergehalt w , Konsistenzgrenzen w_L , w_P)
- Glühverlust-Versuch (Gehalt org. Beimengungen)
- Proctorversuch (Standard-Verichtungsversuch: $\gamma_{d,max}$, w_{opt})
- evtl. Durchlässigkeitsversuch (Durchlässigkeitsbeiwert k)
- evtl. Direktscherversuch / Einaxialer Druckversuch (Stabilisierung)

Labor-/Feldversuche, Kontrollen

Einbau (Versuche/Messungen zur Überprüfung der Vorgaben)

- Isotopensonden-Messung („Troxlersonde“):
Verdichtungsgrad und Wassergehalt
alle **300 bis 500 m²** nach 2 bis 3 Schichten 1 Messung mit 10 Messpunkten
- Plattendruckversuch:
Zusammendrückungsmodul
Schüttplanum: mind. **3 Stk.** oder **1 Stk. pro 300 bis 500 m²**
Dammkrone: mind. **3 Stk.** oder **1 Stk. pro 30 m²**
- Wassergehaltsbestimmung:
in Ergänzung zur Isotopensonden-Messung, vom angelieferten Material



Labor-/Feldversuche, Kontrollen

Einbau (Versuche/Messungen zur Überprüfung der Vorgaben)

- **Porenwasserdruckgeber**

Überwachung Porenwasserdrücke in feinkörnigem Untergrund

1 bis 3 Messprofile mit je 3 bis 4 PWDG

- **Setzungspegel**

bei Setzungsempfindlichem Baugrund

2 bis 3 Messprofile mit je 3 Setzungspegeln, Messung pro 1 m Schüttung

- **Nivellement**

von Messpunkten auf Durchleitbauwerk, Kontrollschächten, Dammkrone

Messung pro 1 m Schüttung und über Bauzeit hinaus