

# ENERGIESPEICHER RIEDL

DONAU-  
KRAFTWERK  
JOCHENSTEIN  
AKTIENGESELLSCHAFT

Planfeststellungsverfahren  
Gutachten

Dipl.-Ing. Dr.  
Sophie Messerklinger  
Ernsting 25  
A-5121 Ostermiething  
+43 660 / 5142 111  
office@messerklinger.at

## Speichersee Standsicherheitsnachweise



|             |                         |                           |            |
|-------------|-------------------------|---------------------------|------------|
| Erstellt    | Büro Dr. Messerklinger  | S. Messerklinger          | 17.02.2020 |
| Geprüft     | Büro Dr. Messerklinger  | S. Messerklinger          | 17.03.2020 |
| Freigegeben | DKJ / ES-R              | D. Mayr<br><i>O. hayn</i> | 30.03.2020 |
|             | Unternehmen / Abteilung | Vorname Nachname          | Datum      |

| Fremdfirmen-Nr.: |                 |             |                    |               |                    |          |             |                           |                    |             |                    | Aufstellungsart: |          |            |    | Bl. von Bl.          |                   |                 |  |
|------------------|-----------------|-------------|--------------------|---------------|--------------------|----------|-------------|---------------------------|--------------------|-------------|--------------------|------------------|----------|------------|----|----------------------|-------------------|-----------------|--|
|                  |                 |             |                    |               |                    |          |             |                           |                    |             |                    | +                |          |            |    |                      |                   |                 |  |
| Unterlagennummer |                 |             |                    |               |                    |          |             |                           |                    |             |                    | KKS              |          |            |    | DCC(UAS)             |                   |                 |  |
| Vorzeichen       | SKS             | Projekt-Nr. | Gliederungszeichen | Ersteller     | Gliederungszeichen | Zählteil | Dokumenttyp | Nummer                    | Gliederungszeichen | Blattnummer | Gliederungszeichen | Änderungsindex   | Planiert | Vorzeichen | GA | Funktion/<br>Bauwerk | Aggregat/<br>Raum | Vorzeichen      |  |
| S1 S2 S3         |                 |             |                    |               |                    |          |             |                           |                    |             |                    |                  |          |            | G  | F0 F1 F2 F3          | FN A1 A2 AN A3    |                 |  |
| *                | A A A           | ~ A N N N   | / A A A A N        | / A N N N N N | / N N              | / A A A  | =           | N N A A A N N A A N N N A |                    |             |                    |                  |          |            |    |                      |                   | Vorzeichen      |  |
| *                | J E S - A 0 0 1 | - M E S S 1 | - B 2 1 0 0 1      | - 0 0 - A F E | =                  |          |             |                           |                    |             |                    |                  |          |            |    |                      |                   | & A A A N N N N |  |
| *                | J E S - A 0 0 1 | - M E S S 1 | - B 2 1 0 0 1      | - 0 0 - A F E | =                  |          |             |                           |                    |             |                    |                  |          |            |    |                      |                   | & A A A N N N N |  |



# Inhaltsverzeichnis

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Einleitung .....   | 5  |
| 2.     | Grundlagen.....  | 5  |
| 3.     | Plan- und Anlagenbezug .....   | 5  |
| 4.     | Bemessungsgrundlagen.....  | 6  |
| 4.1.   | Allgemeines.....   | 6  |
| 4.2.   | Tragsicherheit.....  | 6  |
| 4.3.   | Gebrauchstauglichkeit .....  | 8  |
| 5.     | Materialkennwerte .....  | 9  |
| 5.1.   | Baugrunduntersuchungen .....   | 9  |
| 5.2.   | Dammzonen und Untergrund .....   | 11 |
| 5.3.   | Materialkennwerte im Berechnungsmodell.....  | 12 |
| 6.     | Böschungsbruchberechnungen .....   | 14 |
| 6.1.   | Berechnungsmodell .....  | 14 |
| 6.2.   | Querschnitt Hauptdamm .....  | 14 |
| 6.2.1. | Geometrie .....  | 14 |
| 6.2.2. | Lastfälle und Sicherheiten gegen Böschungsbruch .....  | 15 |
| 6.2.3. | Zusammenfassung Berechnungsergebnisse Hauptdamm .....  | 17 |
| 6.3.   | Regelquerschnitt Nebendamm .....   | 17 |
| 6.3.1. | Geometrie .....  | 17 |
| 6.3.2. | Lastfälle und Sicherheiten gegen Böschungsbruch .....  | 18 |
| 6.3.3. | Zusammenfassung Berechnungsergebnisse Regelquerschnitt<br>Nebendamm .....  | 18 |
| 7.     | Gleitsicherheitsberechnung .....   | 20 |
| 7.1.   | Berechnungsmodell .....  | 20 |
| 8.     | Sicherheitsnachweise .....   | 21 |
| 8.1.   | Tragsicherheit.....  | 21 |
| 8.1.1. | Bauzustände, Aushubstadien, Konsolidierungszustände,<br>Einstauphasen, Betriebszustände .....  | 21 |
| 8.1.2. | Verformungen sowie Differenzverformungen von Schüttkörpern,<br>Einbauten und Untergrund über die Nutzungsdauer .....   | 21 |
| 8.1.3. | Spannungsaufnahme in der Aufstandsfläche; Grundbruchsicherheit..   | 22 |
| 8.1.4. | Sicherheit gegen Abschieben des Staudamms in der Aufstandsfläche<br>oder in einer Gleitfläche im Untergrund (Nachweis mittels<br>Grenzgleichgewichtsbetrachtungen) ..... | 22 |
| 8.1.5. | Böschungsbruchnachweise an den ungünstigsten Gleitflächen .....  | 22 |
| 8.1.6. | Bodenverflüssigung bei Sanden .....  | 22 |
| 8.2.   | Gebrauchstauglichkeit .....  | 23 |
| 8.2.1. | Hydraulische Sicherheit - schadlose Ableitung von Sickerwässer ins<br>Unterwasser .....  | 23 |
| 8.2.2. | Riss sicherheit für Staudamm und Gründung und Verformungen .....   | 24 |



## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Modellgeometrie Hauptdamm.                  | 14 |
| Abbildung 2: Modellgeometrie Regelquerschnitt Nebendamm. | 18 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: Lastfälle bei Staudämmen nach DIN 19700-11:2004-07, Tabelle 3.....                                      | 7  |
| Tabelle 2: Erforderliche Sicherheitsbeiwerte für Staudämme nach<br>DIN 19700-11:2004-07, Pkt. 7.2.6.....           | 8  |
| Tabelle 3: Ergebnisse der Rahmenscherversuche nach [1]; (GZ ... Gneiszersatz)....                                  | 9  |
| Tabelle 4: Auszug aus dem Bericht „Baugrundgutachten Speichersee“<br>vom 25.5.2013 (JES-A001-IFBE1-B40085-11-AFE): |    |
| Tabelle 15: Bodenmechanische Kennwerte [1].....  | 10 |
| Tabelle 5: Auszug aus dem Bericht „Baugrundgutachten Speichersee“<br>vom 25.5.2013 (JES-A001-IFBE1-B40085-11-AFE): |    |
| Tabelle 16: Ausgewählte bodenmechanische Kennwerte<br>im eingebauten Zustand [1].....                              | 11 |
| Tabelle 6: Materialkennwerte im Berechnungsmodell.....   | 13 |
| Tabelle 7: Böschungsbruchberechnung für den Hauptdamm:<br>Lastfälle und Sicherheiten. ....                         | 16 |
| Tabelle 8: Böschungsbruchberechnung für den Regelquerschnitt Nebendamm:<br>Lastfälle und Sicherheiten. .....       | 19 |

## Anlagenverzeichnis:

|   |  |
|---|--|
| ANHANG 1: JES-A001-PERM1-A21008-01-BFE:<br>Speichersee – Dammaufbau, Regelquerschnitt Damm im Einschnitt.<br>JES-A001-PERM1-A21008-02-AFE:<br>Speichersee – Dammaufbau, Regelquerschnitt Damm vor Riedl<br>JES-A001-PERM1-A21004-00-FFE:<br>Speichersee – Drainagesystem, Lageplan und Details. |  |
| ANHANG 2: Böschungsbruchberechnung Hauptdamm  |  |
| ANHANG 3: Böschungsbruchberechnung Nebendamm  |  |

## 1. Einleitung

In der geotechnischen Stellungnahme zum Dammaufbau Speichersee wurden die vorhandenen Bodenparameter weiterführend untersucht und betreffend des Einsatzes zur Herstellung der Dammbauwerke beurteilt. Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse wurde der Dammaufbau angepasst. Im vorliegenden Bericht sind die Standsicherheitsnachweise für diesen geänderten Aufbau dargestellt.

## 2. Grundlagen

Grundsätzliche Randbedingungen und Projektvorgaben wurden aus bestehenden Berichten übernommen. Diese sind nachfolgend detailliert aufgelistet.

Aus dem Bericht „Speichersee Standsicherheitsnachweise“ [9] wurden die folgenden Grundlagen übernommen:

- Wasserstände:
  - mit einem Stauziel von +630,50 und
  - einem Absenkziel von +610,00 sowie
- Grundwasserstände:
  - Dränage anfallender Wässer an den Fels- bzw. Aufstandsflächen.
- Erdbebeneinwirkungen:
  - mit einem Betriebserdbeben von  $a_{h,eff} = 0,40 \text{ m/s}^2$  und  $a_{v,eff} = 0,27 \text{ m/s}^2$  sowie
  - einem Bemessungserdbeben von  $a_{h,eff} = 0,77 \text{ m/s}^2$  und  $a_{v,eff} = 0,51 \text{ m/s}^2$  (Maximalwerte aus dem Vergleich deutscher und österreichischer Richtlinienkennwerte im Projektgebiet).
- Verkehrslasten auf der Dammkrone:
  - mit 10 kPa für Gruppe 1 und 60 kPa für Gruppe 2.

Aus der Technischen Beschreibung der Gesamtanlage [8] wurden die Wasserstände im Becken für die seltenen und ausserordentlichen Lastfallkombinationen übernommen:

- Wasserstände:
  - das Hochwasserstauziel BHQ1 zu 630,72 m ü.NN (siehe Kap. 2.4.2 in [8]). Das Stauziel für BHQ 2 liegt unter dem Niveau von BHQ 1, ist nicht maßgebend und wird nicht weiter betrachtet.

## 3. Plan- und Anlagenbezug

| Anlage  | Format / Verweis | File Name                | Ordner Nr. | Register |
|---|------------------|--------------------------|------------|----------|
| BAUGRUNDGUTACHTEN SPEICHERSEE   | A4 / [1]         | JES-A001-IFBE1-B40085-11 | 11a        | TA 3.11  |
| ANLAGE 5: BOHRPROFILE DER BISHER ABGETEUFTEN ERKUNDUNGSBOHRUNGEN  | A4 / [2]         | JES-A001-IFBE1-B40020-06 | 15         | UVS 2.6  |
| BESPRECHUNGSBERICHT:<br>VORSTELLUNG PROJEKT UND DISKUSSION ZUM VERSCHLUSS - UND DICHTUNGSKONZEPT SPEICHERSEE, AUSKLEIDUNG DRUCKSTÖLLEN, VOM 14.03.2011, LfU MÜNCHEN | A4 / [3]         | JES-A001-GKW_1-I11096-00 | -          | -        |
| ABSTIMMUNGSBESPRECHUNG BEIM LANDESAMTFÜR UMWELT, 03.08.2011 LfU MÜNCHEN   | A4 / [4]         | JES-A001-GKW_1-I11127-00 | -          | -        |
| SCHLUSSBERICHT ZU ERKUNDUNGSBOHRUNGEN EB1 – EB9 UND PEGELBOHRUNGEN PB3 – PB11, VOM 22.07.2011   | A4 / [5]         | JES-A001-INGE1-B40048-00 | -          | -        |



|   |              |                              |    |        |
|---|--------------|------------------------------|----|--------|
| ERGÄNZENDE GEOTECHNISCHE LABORVERSUCHE                        | A4 / [6]     | JES-A001-IFBE1-B40416-00     |    |        |
| GEOTECHNISCHE STELLUNGNAHME – DAMMBAU SPEICHERSEE             | A4 / [7]     | JES-A001-MESS1-B40410-00     |    |        |
| TECHNISCHE BESCHREIBUNG                                       | A4 / [8]     | JES-A001-PERM1-B10002-00     | 1  | 3      |
| SPEICHERSEE STANDSICHERHEITSNACHWEISE                         | A4 / [9]     | JES-A001-PERM1-B21001-00     | 12 | TA 6.3 |
| SPEICHERSEE, DAMMABUFAU, REGELQUERSCHNITT, DAMM IM EINSCHNITT | 1:250, 1:10  | JES-A001-PERM1-A21008-01-BFE | 7  | TP 3.1 |
| SPEICHERSEE, DAMMABUFAU, REGELQUERSCHNITT, DAMM VOR RIEDL     | 1:250, 1:10  | JES-A001-PERM1-A21008-02-AFE | 7  | TP 3.1 |
| SPEICHERSEE, DRAINAGESYSTEM LAGEPLAN UND DETAILS              | 1:2000, 1:10 | JES-A001-PERM1-A21004-00-FFE | 7  | TP 3.1 |

## 4. Bemessungsgrundlagen

### 4.1. Allgemeines

Für die Schüttdämme am Speichersee Riedl werden die Sicherheitsnachweise (Tragsicherheitsnachweise und Gebrauchstauglichkeitsnachweise) nach DIN 19700-11:2004-07 geführt, welche Teil der Zuverlässigkeitssanforderungen sind.

Als zuverlässig (tragsicher, gebrauchstauglich und dauerhaft) wird ein Tragwerk nach DIN 19700-11:2004-07 beurteilt, wenn ua. die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

1. ein stabiles und widerstandsfähiges Tragsystem wurde verwendet
2. geeignete Baustoffe wurden gewählt
3. ein zutreffendes Bemessungsverfahren wurde angewendet
4. die Absperrbauwerke und die zugehörigen Einzelbauteile wurden baulich zweckmäßig durchgebildet und
5. das Tragwerk wird in geeigneter Weise überwacht und instand gehalten.

Punkt 2., die geeignete Wahl der Baustoffe sowie der Teilaспект aus Punkt 1. eines widerstandsfähigen Tragsystems wurden im Bericht „Geotechnische Stellungnahme – Dammbau Speichersee“ [7] diskutiert.

Die Wahl eines zutreffenden Bemessungssystems (Punkt 3.) sowie der Teilaспект des stabilen Tragsystems für die Dammbauwerke (Punkt 1.) sind Inhalt des gegenständlichen Berichts.

Punkt 4., die baulich zweckmäßige Durchbildung der Dammbauwerke, wurde im Zuge der Erarbeitung der Dammquerschnitte behandelt. Punkt 5., die geeignete Weise der Überwachung und Instandhaltung des Bauwerks über dessen Lebensdauer, wird in der Technischen Beschreibung der Gesamtanlage [8] im Kapitel 2.4.3 „Kontrollgang und Überwachungssystem“ behandelt.

### 4.2. Tragsicherheit

Als tragsicher gilt ein Dammtragwerk, bestehend aus Absperrbauwerk und Untergrund, wenn für alle möglichen Lastfälle **die Einwirkungen** geringer sind als **die maßgebenden Widerstände**, unter Einhaltung der **Sicherheitsbeiwerte**.

Wobei die **Einwirkungen für Staudämme** gemäß DIN 19700-11:2004-07 in drei Gruppen unterteilt werden:

a) Einwirkungen der Gruppe 1:

- Eigenlast
- Verkehrs- und Auflast
- Wasserdruck und Strömungskräfte bei Vollstau

b) Einwirkungen der Gruppe 2:

- Wasserdruck und Strömungskräfte bei Hochwasserstauziel 1 ( $Z_{H1}$ )
- schnellstmögliche Wasserspiegelabsenkung
- außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände
- Betriebserdbeben entsprechend Erdbebenfall 1  
(Klasse 1 Talsperre: 500-jähriges Erdbeben; Anforderung:  
Talsperrenbetrieb ohne Nutzungseinschränkung; siehe Pkt. 7.1.3)

c) Einwirkungen der Gruppe 3:

- Wasserdruck und Strömungskräfte bei Hochwasserstauziel 2 ( $Z_{H2}$ )
- Bemessungserdbeben entsprechend Erdbebenfall 2: (Klasse 1 Talsperre:  
2500-jähriges Erdbeben; Nachweisführung: mit quasistatischen Ersatz-  
lasten mit dem 2,5-fachen Wert der Bodenbeschleunigung bis 40 m  
Dammhöhe; siehe Pkt. 7.1.2.6)

Aus diesen Einwirkungen ergeben sich für Staudämme die folgenden **Lastfälle**:

| Einwirkungen |  | Lastfälle (LF) (Einwirkungskombinationen) |                     |                       |                |        |                     |                                 |                |
|--------------|--|---|---------------------|-----------------------|----------------|--------|---------------------|---------------------------------|----------------|
|              |  | Regel-kombinationen                       |                     | Seltene Kombinationen |                |        |                     | Außer-gewöhnliche Kombinationen |                |
|              |  | LF 1.1                                    | LF 1.2 <sup>a</sup> | LF 2.1                | LF 2.2         | LF 2.3 | LF 2.4 <sup>c</sup> | LF 3.1                          | LF 3.2         |
| Gruppe 1     | Eigenlast  | X   | X                   | X                     | X              | X      | X                   | X                               | X              |
|              | Verkehrs- u. Auflast                                   | X   | X                   | X                     | X              | X      | X                   | X                               | X              |
|              | Wasserdruck u.<br>Strömungskraft bei<br>Vollstau       | X   |                     |                       |                | X      | X <sup>d</sup>      |                                 | X <sup>d</sup> |
| Gruppe 2     | Wasserdruck u.<br>Strömungskraft bei HW-<br>Stauziel 1 |   |                     | X                     |                |        |                     |                                 |                |
|              | Schnellstmögliche<br>Wasserspiegel-<br>absenkung       |   |                     |                       | X <sup>b</sup> |        |                     |                                 |                |
|              | Außerplanmäßige<br>Betriebs- und<br>Belastungszustände |   |                     |                       |                | X      |                     |                                 |                |
| Gruppe 3     | Betriebserdbeben                                       |   |                     |                       |                |        | X                   |                                 |                |
|              | Wasserdruck u.<br>Strömungskraft bei HW-<br>Stauziel 2 |   |                     |                       |                |        |                     | X                               |                |
|              | Bemessungserdbeben                                     |   |                     |                       |                |        |                     |                                 | X              |

a ... Bau- und Konsolidierungszustände bis zum ersten Einstau sowie Zustand „leerer Speichersee“.  
 b ... Beginnend vom Vollstau  
 c ... Lastfall nur für Gebrauchstauglichkeitsnachweis.  
 d ... Wassersruck und Strömungskraft bei Stauziel.

Tabelle 1: Lastfälle bei Staudämmen nach DIN 19700-11:2004-07, Tabelle 3.

Die **Tragwiderstände** für das Absperrbauwerk und den Untergrund, werden durch Materialkennwerte ua. für die Verformbarkeit, Festigkeit, Durchlässigkeit etc. festgelegt.

Die DIN 19700-11:2004-07 erlaubt Streubereichen für die Materialkennwerte und formuliert dazu die folgenden Tragwiderstandsbedingungen:

- a) Tragwiderstandsbedingung A (wahrscheinliche Bedingung):
  - für gesicherte und allgemein anerkannte Werte (genormt / aus Versuchsergebnissen / aus Erfahrungen sicher abgeschätzt) und
  - voll wirksame bauliche Einrichtungen
- b) Tragwiderstandsbedingung B (wenig wahrscheinliche Bedingung):
  - für ungünstige Kennwerte innerhalb gesicherter Streubereiche oder
  - bei eingeschränkter Wirkung einer maßgeblichen baulichen Einrichtung
- c) Tragwiderstandsbedingung C (unwahrscheinliche Bedingung):
  - für ungünstige Kennwerte in Grenzbereichen oder
  - bei Ausfall einer maßgebenden baulichen Einrichtung

Unter Berücksichtigung der Tragwiderstandsbedingungen können schließlich die erforderlichen Sicherheitsbeiwerte den Lastfällen wie folgt zugeordnet werden:

| Tragwiderstandsbedingungen | Lastfälle (LF) (Einwirkungskombinationen) |                     |                       |        |        |                     |                                 |        |
|----------------------------|---|---------------------|-----------------------|--------|--------|---------------------|---------------------------------|--------|
|                            | Regel-kombinationen                       |                     | Seltene Kombinationen |        |        |                     | Außer-gewöhnliche Kombinationen |        |
|                            | LF 1.1                                    | LF 1.2 <sup>a</sup> | LF 2.1                | LF 2.2 | LF 2.3 | LF 2.4 <sup>c</sup> | LF 3.1                          | LF 3.2 |
| A                          | 1,3                                       | 1,3                 | 1,2                   | 1,2    | 1,2    | 1,2                 | 1,1                             | 1,1    |
| B                          | 1,2                                       | 1,2                 | 1,1                   | 1,1    | 1,1    | 1,1                 |                                 |        |
| C                          | 1,1                                       | 1,1                 |                       |        |        |                     |                                 |        |

Anmerkung: Sicherheitsbeiwert 1,3 gilt für Bemessungssituation BS I  
 Sicherheitsbeiwert 1,2 gilt für Bemessungssituation BS II  
 Sicherheitsbeiwert 1,1 gilt für Bemessungssituation BS III

Tabelle 2: Erforderliche Sicherheitsbeiwerte für Staudämme nach DIN 19700-11:2004-07, Pkt. 7.2.6.

Festzuhalten ist, dass im gegenständlichen Bericht in Anlehnung an die Empfehlung der DIN 19700-11:2004-07, Pkt. 7.1.2.6 nach dem globalen Sicherheitssystem mit Gesamtsicherheitsbeiwerten gerechnet wird.

Die Tragsicherheit muss für alle Lastfälle sowie alle in Frage kommenden Versagensarten nachgewiesen werden (Pkt. 7.1.2.6). Dazu zählen gemäß DIN:

- alle Bauzustände, Aushubstadien, Konsolidierungszustände, Einstauphasen, Betriebszustände
- bei Talsperren der Klasse 1: die Verformungen sowie Differenzverformungen von Schüttkörpern, Einbauten und Untergrund über die Nutzungsdauer
- Spannungsaufnahme in der Aufstandsfläche; Grundbruchsicherheit
- Sicherheit gegen Abschieben des Staudamms in der Aufstandsfläche oder in einer Gleitfläche im Untergrund (Nachweis mittels Grenzgleichgewichtsbetrachtungen)
- Böschungsbruchnachweise an den ungünstigsten Gleitflächen
- Bodenverflüssigung bei Sanden

#### 4.3. Gebrauchstauglichkeit

Neben den Tragsicherheitsnachweisen ist im Rahmen der Sicherheitsnachweise, welche Teil der Zuverlässigkeitssprüfung sind, auch die Gebrauchstauglichkeit anhand der folgenden drei Nachweise zu führen:

- (i) Nachweis der hydraulischen Sicherheit im Bezug auf schadlose Ableitung von Sickerwässern ins Unterwasser unter Berücksichtigung der maßgebenden Sickerwasserlinien und Sickerwasserabflüssen sowie deren Überwachung und der
- (ii) Nachweis der Rissicherheit für Staudamm und Gründung, insbesondere der Dichtung und der Dichtungsanschlüsse sowie der
- (iii) Nachweis über die Verformungen.

## 5. Materialkennwerte

### 5.1. Baugrunduntersuchungen

Am gegenständlichen Projektgebiet wurde ein umfangreiches Untersuchungsprogramm mit Schürfen, Bohrungen, Probennahmen, Feld- sowie Laborversuchen durchgeführt. Die Ergebnisse sind ua. im Bericht „Baugrundgutachten Speichersee“ [1] zusammengefasst.

Darin wird der anstehende Untergrund in drei maßgebliche geologische Lockergesteinsformationen, nämlich (i) Hanglehm, (ii) verwitterter Gneiszersatz der in Form von stark schluffigen Sanden vorliegt sowie (iii) verwitterter Gneiszersatz der in Form von kiesig-sandigen Fraktionen vorliegt und als Grus bezeichnet wird, unterteilt. Die Mächtigkeit dieser Lockergesteinsformationen variiert von wenigen bis mehreren Metern. Darunter folgt verwittertes Festgestein und Festgestein aus Gneis.

Die Klassifikation der Lockergesteinsformationen sowie die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen im Bezug auf die Verwendung für den Schüttdammbau (Kornverteilungen, Verdichtbarkeit, Durchlässigkeit) sind im Bericht „Geotechnische Stellungnahme – Dammbau Speichersee“ [7] zusammengestellt.

Die Scherfestigkeit der anstehenden Lockergesteinslagen wurde gemäß [1] mittels Rahmenscherversuche untersucht. Insgesamt wurden an 11 Proben Rahmenscherversuche durchgeführt, deren ausgewertete Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst sind:

| Schichtpaket / Lithologie | Proben-bezeichnung | Entnahmetiefe [m u. GOK] | Boden-gruppe | Reibungswinkel [°] | Kohäsion [kPa] |
|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------|--------------------|----------------|
| 3-Hanglehm                | S26/UP1            | 0,80 – 1,00              | OT/UA        | 29,2               | 13,1           |
| 3-Hanglehm                | S5/UP2             | 2,30 – 2,50              | UL/(SU*)     | 34,3               | 6,9            |
| 3-Hanglehm                | S4/UP1             | 1,00 – 1,20              | UL           | 27,9               | 23,0           |
| 4-GZ, verwittert          | S2/E3              | 4,20                     | SU*          | 19,8               | 32,1           |
| 4-GZ, verwittert          | S5/E1              | 1,70                     | SU*/UL       | 28,5               | 26,3           |
| 4-GZ, verwittert          | S5/E5              | 4,60                     | SU*          | 29,1               | 4,8            |
| 4-GZ, verwittert          | S20/E4             | 4,40                     | SU*          | 38,8               | 33,6           |
| 4-GZ, verwittert          | S29/E2             | 3,80                     | SU*          | 30,9               | 28,8           |
| 4-GZ, verwittert          | S30/E2             | 4,60                     | SU*          | 23,7               | 31,1           |
| 4-GZ, verwittert          | S15/E2             | 1,70                     | SU           | 30,5               | 35,7           |
| 5-GZ, Grus                | S16/E2             | 2,60                     | SU           | 34,8               | 17,0           |

Tabelle 3: Ergebnisse der Rahmenscherversuche nach [1]; (GZ ... Gneiszersatz).

Die ausgewerteten Ergebnisse der Rahmenscherversuche zeigen teilweise eine starke Streuung. Die angewendete Auswertungsmethode der Versuchsdaten für das Schichtpaket 4 – Gneiszersatz, verwittert, das überwiegend als stark schluffige Sande klassifiziert ist, ergibt Werte für die Kohäsion von rund 5 bis 35 kPa. Die ausgewerteten Reibungswinkel streuen zwischen rund 20° und 39°.

Die im Baugrundgutachten geschätzten mittleren bodenmechanischen Kennwerte für die in-situ anstehenden Schichten basierend auf den Laboruntersuchungen, den örtlichen Erfahrungen und der DIN 1055 sowie DIN 1054 und sind in der nachfolgenden Tabelle 4 wiedergegeben.



Dabei wird für in-situ vorkommenden Grus ein Reibungswinkel von 35° angegeben. Für in-situ vorhandenen verwitterten Gneiszersatz werden die Scherfestigkeitsparameter mit 30° Reibungswinkel und 2 kPa Kohäsion angegeben.

Aus bodenmechanischer Sicht liegen die Reibungswinkel für Grus, bestehend aus locker gelagerten Sanden und Kiesen und für verwitterten Gneiszersatz, welcher sich überwiegend aus schluffigen und sandigen Komponenten zusammensetzt, mit 35° und 30° in einer plausiblen Größenordnung.

| Schichtpaket/<br>Lithologie     | Wichte<br>erdfeucht<br>$\gamma$<br>[kN/m³] | Wichte<br>unter<br>Auftrieb<br>$\gamma'$<br>[kN/m³] | Winkel d.<br>inneren<br>Reibung<br>$\varphi'$<br>[°] | Kohäsion<br>$c'$<br>[kN/m²] | Kohäsion,<br>undräniert<br>$c_u$<br>[kN/m²] | Steifemodul<br>$E_s$<br>Erstbe-<br>lastung für<br>Laststufe<br>100 bis 200<br>kN/m²<br>[MN/m²] | Durchläs-<br>sigkeits-<br>beiwert k<br>[m/s]  |
|---------------------------------|--|---|--|-----------------------------|---|--|---|
| 1/Auffüllungen                  | 18-19                                      | 8-9   | 25   | 0                           | 20 <sup>1)</sup>                            | 2-3  | ca. $1 \cdot 10^{-7}$ -<br>$1 \cdot 10^{-9}$  |
| 2/Organische<br>Böden           | 11-12                                      | 1-2   | - <sup>2)</sup>                                      | - <sup>2)</sup>             | - <sup>2)</sup>                             | 0,5-1  | ca. $1 \cdot 10^{-6}$ -<br>$1 \cdot 10^{-9}$  |
| 3/Hanglehm                      | 16,5-<br>19,5                              | 6,5-9,5   | 25   | 5 <sup>1)</sup>             | 50 <sup>1)</sup>                            | 3-4  | ca. $1 \cdot 10^{-9}$ -<br>$1 \cdot 10^{-11}$ |
| 4/Gneiszer-<br>satz, verwittert | 15-18                                      | 7-10  | 30   | 2                           | -   | 5-8  | $5 \cdot 10^{-6}$ -<br>$1 \cdot 10^{-8}$      |
| 5/Gneiszer-<br>satz, Grus       | 19-21                                      | 11,5-13   | 35   | 0                           | -   | 25-60  | $5 \cdot 10^{-4}$ -<br>$5 \cdot 10^{-6}$      |
| 6/Gneis                         | 25-28                                      | 15-18   | 40 <sup>3)</sup>                                     | -                           | -   | 2.500-<br>6.000  |   |

1) konsistenzabhängig

2) Die Scherparameter organischer Böden streuen sehr stark, sodass eine Angabe von Erfahrungswerten nicht möglich ist.

3) Klutfreibungswinkel

Tabelle 4: Auszug aus dem Bericht „Baugrundgutachten Speichersee“ vom 25.5.2013 (JES-A001-IFBE1-B40085-11-AFE): Tabelle 15: Bodenmechanische Kennwerte [1].

Für ausgehobenes und unter kontrollierten Bedingungen wieder eingebautes Schüttmaterial wurden die in Tabelle 5 wiedergegebenen, etwas höheren Scherfestigkeitswerte im Baugrundgutachten empfohlen.

Aus bodenmechanischer Sicht kann dem gefolgt werden und auch geschlußfolgert werden, dass die in Tabelle 4 angegebenen Werte für locker gelagerte in-situ vorkommenden Schichten den unteren Grenzwert für dieses Material darstellen, wenn dieses ausgehoben und verdichtet wieder eingebaut wird.

| Schichtpaket/<br>Lithologie   | Wichte erdfeucht<br>$\gamma$<br>[kN/m³] | Wichte unter<br>Auftrieb<br>$\gamma'$<br>[kN/m³] | Winkel d. inneren<br>Reibung<br>$\varphi'$<br>[°] | Kohäsion<br>$c'$<br>[kN/m²] |
|-------------------------------|---|--|---|-----------------------------|
| 3/Hanglehm                    | 19-21                                   | 9-11   | 25  | 10                          |
| 4/Gneiszersatz,<br>verwittert | 18,5-21                                 | 10-12  | 30  | 5                           |
| 5/Gneiszersatz,<br>Grus       | 20,5-22                                 | 12-14  | 35-37,5   | -                           |
| Gebrochenes<br>Gestein        | 20-22                                   | 12-14  | 35-40   | -                           |

Tabelle 5: Auszug aus dem Bericht „Baugrundgutachten Speichersee“ vom 25.5.2013 (JES-A001-IFBE1-B40085-11-AFE): Tabelle 16: Ausgewählte bodenmechanische Kennwerte im eingebauten Zustand [1].

## 5.2. Dammzonen und Untergrund

Basierend auf der geotechnischen Beurteilung der vorliegenden Lockergesteinsmaterialien im Bezug auf den Dammbau [7] werden die Schüttdämme im wesentlichen aus drei Dammbaumaterialien aufgebaut (siehe auch Anhang 1):

- **Dammbereich:** zentraler Bereich: luft- und wasserseitig 1(V):2(H) geböscht;
- **Luftseitige Anschüttung:** der Bereich an der Luftseite zwischen dem Dammbereich mit 1:2 Böschung und der luftseitigen Dammoberfläche mit 1:5 Böschungsneigung bzw. 1:3 beim Hauptdamm und entsprechend veränderlich in den Verzugsbereichen links und rechts vom Hauptdamm;
- **Wasserseitige Bremsschicht:** Eine 0,9 m starke Schicht (senkrecht zur Böschung gemessen) aus verwittertem Gneiszersatz je nach Erfordernis mit Tonmehl vergütet sowie Grus und Felsbruchbeimengungen, die einen Durchlässigkeitbeiwert von  $k_f \leq 1 \cdot 10^{-7}$  m/s aufweist.

Im weiteren wird für die wasserseitige Abdichtung eine Dränageschicht von rund 30 cm und eine rund 15 cm starke 2-lagige Asphaltabdichtung (beide gemessen senkrecht zur Böschungsfläche) vorgesehen. (Anm.: diese beiden Schichten werden als konservative Annahme im Berechnungsmodell für die Böschungsstabilität vernachlässigt).

An der Luftseite wird auf einer 50 cm starken Unterbödeneschicht aus verwittertem Gneiszersatz eine rund 10 cm starke Schicht aus Oberboden vermischt mit Sanden für einen Magerrasen vorgesehen. Diese Schichten werden im Berechnungsmodell gemeinsam mit der Anschüttung modelliert. Es wird angenommen, dass die Festigkeiteigenschaften dieser Schichten gleich oder größer sind als die der angrenzenden luftseitigen Anschüttung, welche überwiegend aus Hanglehm und stark zersetzen verwitterten Gneis besteht.

An der Dammkrone wird auf einem Frostschutzschicht aus aufbereitetem Felsbruch eine Fahrbahn vorgesehen. Dieser Bereich wird im Berechnungsmodell als konservative Annahme dem Dammbereich zugeordnet.



Die Dammaufstandsfläche wird nach dem Freilegen geotechnisch beurteilt und bei Bedarf mittels in-situ Untersuchungen die Eignung verifiziert. Grundsätzlich wird anhand der vorliegenden Kornverteilungen der Gneiszersatz Grus bestehend aus Kies mit Sand und Schluff bei entsprechender Lagerungsdichte aus geotechnischer Sicht als Dammfundation für die rund 5 m bis 35 m hohen Dammschüttungen als geeignet beurteilt.

Der Haupdamm wird an einem Standort errichtet, an dem das Gelände, vor allem im östlichen Bereich, vergleichsweise steil abfällt. Um Verformungsdifferenzen bei diesem höchsten Dammschüttungsbereich, ua. auch zu dem anschließenden Nebendamm, aufgrund der rasch zunehmenden Dammhöhe zu vermeiden und weil der Zugangsstollen auf Fels aufgesetzt wird und es dann zu ungleichmäßigen Fundierungsverhältnissen für den Haupdamm kommen würde, ist gemäß derzeitigem Kenntnisstand vorgesehen, in diesem Bereich alle Lockergesteinslagen auszuheben und die Dammschüttungen auf den anstehenden Gneis zu fundieren. Dies soll im östlichen Bereich des Hauptdammes für die Flanken zwischen dem Talboden und der Schüttfläche von rund 620 m ü. NN und im westlichen Bereich vom Talboden bis zur Höhe der Dammschüttung von rund 610 m ü. NN erfolgen. Daran anschließend kann die Gruslage, bei entsprechend dichter Lagerung, wieder in der Aufstandfläche verbleiben, wobei die Zunahme der Grus-Schichtstärke kontinuierlich mit einer Stärkenzunahme von rund 1(V):10(H) erfolgen soll um verlaufende Steifigkeitsverhältnisse im Untergrund der Dammschüttungen sicherzustellen.

### 5.3. Materialkennwerte im Berechnungsmodell

Das Schüttmaterial für den **Dammbereich** wird aus einer Mischung von verwittertem Gneiszersatz und Felsbruch oder Grus aufbereitet (siehe auch Bericht „Geotechnische Stellungnahme - Dammbau Speichersee“ [7]). Dazu wird der ausgehobene verwitterte Gneiszersatz, der vor allem schluffige und sandige Fraktionen aufweist, mit dem grobkörnigeren Grus oder Felsbruch aus dem Felsabtrag gemischt, um ein geeignetes Dammbaumaterial zu erhalten. Die Mischungsverhältnisse sind im Bereich 15 M% bis max. 50 M% verwitterter Gneiszersatz wobei eine Mischung von rund 30 M% verwitterter Gneiszersatz zu 70 M% Felsbruch bzw. Grus angestrebt wird.

Für diesen weiten Streubereich der Mischungsverhältnisse ist aus bodenmechanischer Sicht davon auszugehen, dass das Scherfestigkeitsverhalten von der jeweiligen Mischung abhängt. Für Mischungen in denen der Anteil an Grus und Felsbruch das Scherverhalten dominieren, werden höhere Scherfestigkeitswerte erwartet als bei Mischungen in denen der verwitterte Gneiszersatz die Scherfestigkeit bestimmt. Die Scherfestigkeiten für die verschiedenen Mischungsverhältnisse sind im Rahmen von Vorversuchen im Feldlabor zu bestimmen. Für die nachfolgenden Berechnungen wird angenommen, dass im **Dammbereich** Mischungsverhältnisse verbaut werden, die als unteren Grenzwert für den Reibungswinkel zumindest einen Mittelwert zwischen der Scherfestigkeit des verwitterten Gneiszersatzes und dem unteren Grenzwert des Grus aufweisen, also einen **Reibungswinkel von 32,5°** haben (wobei eine allfällige Kohäsion, auf der sicheren Seite liegend, vernachlässigt wird). Als Wichte (erdfeucht) wird 21 kN/m<sup>3</sup> angesetzt, da für die Wichte die oberen Werte, insbesondere für den Erdbebennachweis, die konservativere Annahme darstellen.

Die **luftseitige Anschüttung** zwischen dem Dammbereich mit 1:2 Böschung und der luftseitigen Böschung von 1:5 wird vor allem aus Hanglehm, feinkörnigen Böden (Komponenten des Gneiszersatz verwittert) sowie Felsbruchkomponenten hergestellt. Als konservative Annahme werden die Scherfestigkeitseigenschaften des Hanglehms für die nachfolgenden Stabilitätsberechnungen verwendet. Die Scherfestigkeiten werden im Baugrundgutachten für den ausgehobenen und kontrolliert wieder eingebauten Hanglehm mit einem Reibungswinkel von 25° und einer Kohäsion von

10 kPa angegeben. Diese Werte werden auch von den Ergebnissen der Direktscherversuche (siehe auch Tabelle 3) bestätigt und hier übernommen.

Die **wasserseitige Bremsschicht** wird aus verwittertem Gneiszersatz, je nach Durchlässigkeit angereichert mit 3 M% Tonmehl, hergestellt. Das Material ist demnach vor allem sandig (rund 55 M%) und schluffig (15 M% bis 35 M%) mit etwas Kies (rund 0 bis 15 M%) und 5 bis 10 M% Tonfraktion. Sand und Schluff dominieren das Scherverhalten. Für die Stabilitätsberechnungen wird der erhöhte Tonanteil damit berücksichtigt, dass die Mittelwerte der Scherparameter zwischen verwittertem Gneiszersatz und Hanglehm angesetzt werden. Dies stellt aus bodenmechanischer Sicht eine konservative Annahme für die Berücksichtigung von 3 M% Tonmehl dar.

Der **Grus im Untergrund** des Dammschüttkörpers besteht überwiegend aus Kiesfraktionen mit Sand. Die Empfehlungen aus dem Baugrundgutachten mit einem Reibungswinkel von 35° werden übernommen.

| Zone                      | Zusammensetzung   | Wichte erdfeucht [kN/m³] | Wichte u. Auftrieb [kN/m³] | Reibungswinkel [°] | Kohäsion [kPa] |
|---------------------------|---|--------------------------|----------------------------|--------------------|----------------|
| Dammbereich               | Verwitterter Gneissersatz und Grus bzw. Felsbruch       | 21                       | 11                         | 32,5               | -              |
| Luftseitige Anschüttung   | Hanglehm (überwiegend)                                  | 20                       | 10                         | 25                 | 10             |
| Wasserseite Bremsschicht  | Verwitterter Gneissersatz angereichert mit 3 M% Tonmehl | 20,5                     | 10,5                       | 27,5               | 5              |
| Untergrund Lockermaterial | Grus bestehend aus Kies mit Sand                        | 21                       | 11                         | 35                 | -              |

Tabelle 6: Materialkennwerte im Berechnungsmodell.

Diese konservativen Materialkennwerte werden als Widerstände für die Tragwiderstandsbedingungen A bis C angesetzt. Es wird keine weitere Unterteilung in Mittelwerte und ungünstige Kennwerte vorgenommen.



## 6. Böschungsbruchberechnungen

### 6.1. Berechnungsmodell

Die Berechnungen werden mit dem Programm GeoStudio (2020), Version 10.2.1.19666 durchgeführt. Für das Lamellenverfahren wurde die Methode nach Morgenstern und Price angewendet, welche (i) sowohl das Momenten- als auch das Kräftegleichgewicht für den gewählten Bruchkörper nachweist und (ii) Reibungskräfte zwischen den Lamellen berücksichtigt.

Die Speicherseewasserstände und die Porenwasserdrücke werden mit vorgegebenen Piezometerdrücken im Programm berücksichtigt, welche auch in den Ergebnisplots mittels Wasserdrucklinien dargestellt sind.

Die Erdbebenberechnung erfolgt pseudo-statisch mit einer horizontalen Erdsatzlast sowie einer negativen vertikalen Last für den Vertikalanteil.

Der Bruchmechanismus wird durch Ein- und Austrittspunkte vorgegeben, die in Form einer roten Linie mit Punkten im Ergebnisplot dargestellt sind. Zwischen jedem Ein- und Austrittspunkt wird die Böschungsbruchsicherheit berechnet und die 12 kritischsten Gleitkörper mit einer roten Linie und der maßgebenden Gleitkreis mit einer schwarzen Linie dargestellt. Als Bruchform wird ein Kreisabschnitt verwendet.

### 6.2. Querschnitt Hauptdamm

#### 6.2.1. Geometrie

Das Modell wurde im wesentlichen aus den vier maßgebenden Zonen aufgebaut (siehe auch Abbildung 1): (i) Dammbereich (gelb) mit Drainagezonen an der Sohle des Speichersees und am Dammfuß; (ii) luftseitige Anschüttung (rot); (iii) wasserseitige Bremsschicht (grün) und (iv) Untergrund Fels/Gneis (grau).

Im weiteren wurde in der Sohle des Speichersees eine Auffüllung von 5 m am Dammfuß abnehmend auf 3 m in 50 m Entfernung simuliert sowie eine Drainageschicht zwischen luftseitiger Anschüttung und Untergrund. Beide Zonen (Sohlenauffüllung im Speichersee und Drainageschicht) können aus demselben Material wie der Dammbereich bzw. mit reduziertem Feinkornanteil hergestellt werden, deshalb wurden diese Zonen mit denselben Scherfestigkeitsparametern wie der Dammbereich simuliert.

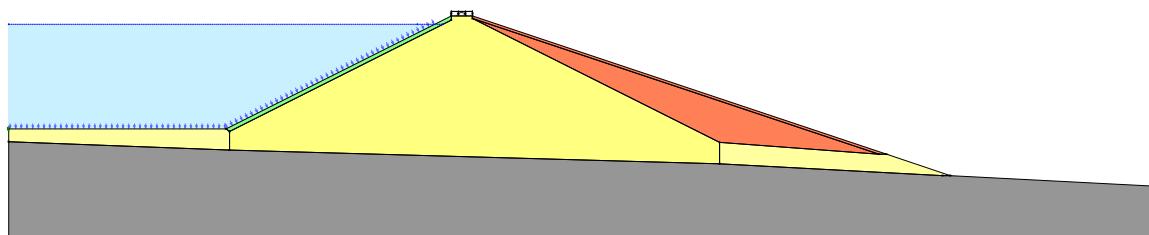


Abbildung 1: Modellgeometrie Hauptdamm.

Für die Modelle mit gefülltem Speichersee (Vollstau und Überstau) wurde als konservative Annahme angesetzt, dass die wasserseitige Bremsschicht und die Auffüllung an der Sohle des Speichersees gesättigt sind. Für die weiteren Zonen wurden für den Lastfall 2.2 (Leckage in der Dichtung) Porenwasserdrücke angesetzt.

Eventuell vorhandene Grundwässer und Schichtwässer werden, soweit ersichtlich, während der Bauphase abgeschlaucht und in den Kontrollgang geleitet. Nicht im Bau ersichtliche und später auftretende Grundwasseraustritte in den Dammaufstands-

flächen werden über die Drainageschichten in den Kontrollgang oder auf die Unterwasserseite abgeleitet und haben keinen Einfluß auf die Böschungsstabilität.

### 6.2.2. Lastfälle und Sicherheiten gegen Böschungsbruch

Für die wasser- und luftseitigen Böschungen wurden die in Tabelle 7 zusammengefassten Lastfälle untersucht. In der Tabelle sind auch die erforderlichen Böschungssicherheiten sowie die berechneten Sicherheiten für die luft- und wasserseitige Böschung angegeben.

Die berechneten maßgebenden Gleitkörper sind in den Grafiken in Anhang 2 dargestellt.

Für die **Regelkombinationen** wurden drei Lastfälle berechnet, Lastfall 1 – Speichersee bei Vollstau von 630,5 m ü.NN und einem Freibord bis zur Kronenoberkante von 2 m und Lastfall 2 – Speichersee leer (maßgebender Lastfall). Zusätzliche Lastfälle mit Teilabsenkungen und Absenziel 610 m ü.NN. wurden nicht weiter betrachtet.

Als dritter Lastfall in der Regelkombination wurde der erforderliche Konsolidierungsgrad im Bauzustand mittels B-Wert (Porenwasserüberdrücke im Verhältnis zur Überlagerungsspannung) berechnet. Die Parameterstudie zeigt, dass bereits bei einem B-Wert von 1,5%, an der wasserseitigen Böschung der erforderliche Sicherheitsfaktor von 1,3 unterschritten wird. An der luftseitigen Anschüttung ist ein B Wert von bis zu 30 % zulässig. Während der Dammschüttungen ist deshalb die Porenwasserdruk-entwicklung im Schüttkörper, vor allem bei Mischungen mit höherem Feinkornanteil, zu beobachten und die Schüttgeschwindigkeit bzw. die Mischungsverhältnisse der Dammschüttmaterialien entsprechend anzupassen.

Bei den **seltenen Einwirkungskombinationen** wurden 6 Lastfälle berechnet:

- Lastfall 2.1 – Überstau bis zum HW-Stauziel 1 von 630,72 m ü.NN;
- Lastfall 2.2 – Leckage in der Asphaltierung und Durchsickerung des Dammkörpers; Hier wurde als Parameterstudie zusätzlich eine Wasserspiegelabsenkung simuliert (LF 2.2a, siehe auch Anhang 2) die zeigt, dass im Fall einer Leckage und Durchsickerung des Dammkörpers der Wasserspiegel im Speichersee nur unter Kontrolle der Porenwasserdrücke im Dammbereich erfolgen darf. Der Wasserspiegel im Speichersee soll maximal 1,5 m unter dem Porenwasserdrukniveau im Dammbereich liegen, da sonst die Böschungssicherheit der wasserseitigen Böschung von 1,2 unterschritten wird.
- Lastfall 2.3 und 2.4 – Erhöhte Kronenlast von 60 kPa für den vollen und leeren Speichersee
- Lastfall 2.5 und 2.6 – Betriebserdbeben für den vollen und leeren Speichersee; Das Betriebserdbeben für den leeren Speichersee ist der maßgebende Lastfall bei den seltenen Einwirkungskombinationen.
- Anm.: Der Lastfall rasche Wasserspiegelabsenkung bei intakter Asphaltierung entspricht im wesentlichen den Lastfällen 1 und 2 der Regelkombination und wurde für die seltenen Einwirkungskombinationen nicht simuliert.

Bei allen Lastfällen der Regelkombinationen sowie der seltenen Kombinationen wurde eine Auflast auf der Dammkrone (über die Kronenbreite von 5 m) von 10 kPa berücksichtigt.

Bei den **außergewöhnlichen Einwirkungskombinationen** wurden 2 Lastfälle berechnet:

- Lastfall 3.1 – Bemessungserdbeben bei vollem Speichersee;
- Lastfall 3.2 – Bemessungserdbeben bei leerem Speichersee, wobei dieser Lastfall nicht relevant ist, da von einem leeren Speichersee keine Gefahr ausgeht und Schäden am Bauwerk beim Bemessungserdbeben grundsätzlich



toleriert werden. Die Berechnungen zeigen jedoch, dass auch für diesen Lastfall die erforderliche Sicherheit von 1,1 erfüllt ist und gemäß den derzeitigen Annahmen von keinen Schäden am Bauwerk auszugehen ist.

| Einwirkungen   | Lastfälle (LF) (Einwirkungskombinationen) |                     |                               |                       |                |         |                     |                     |                     |                               |             |
|--|---|---------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-------------|
|  | Regelkombinationen                        |                     |                               | Seltene Kombinationen |                |         |                     |                     |                     | Außer-gewöhnliche Kombination |             |
|  | LF 1.1                                    | LF 1.2 <sup>a</sup> | LF 1.3 <sup>a</sup>           | LF 2.1                | LF 2.2         | LF 2.3  | LF 2.4 <sup>c</sup> | LF 2.5 <sup>c</sup> | LF 2.6 <sup>c</sup> | LF 3.1                        | LF 3.2      |
| Gr 1 Eigenlast   | X   | X                   | X                             | X                     | X              | X       | X                   | X                   | X                   | X                             | X           |
| Kronenlast<br>$p = 10 \text{ kPa}$   | X   | X                   | X                             | X                     | X              |         |                     | X                   | X                   | X                             | X           |
| Vollstau<br>630,50 m ü.NN  | X   |                     |                               |                       |                | X       |                     | X <sup>d</sup>      |                     | X <sup>d</sup>                |             |
| Speichersee leer   |   | X                   | X                             |                       |                |         | X                   |                     |                     | X                             | X           |
| Konsolidationsgrad B ≠ 0   |   |                     | X                             |                       |                |         |                     |                     |                     |                               |             |
| Gr 2 Überstau<br>630,72 m ü.NN   |   |                     |                               | X                     |                |         |                     |                     |                     |                               |             |
| Leckage in Dichtung  |   |                     |                               |                       | X <sup>b</sup> |         |                     |                     |                     |                               |             |
| Kronenlast<br>$p = 60 \text{ kPa}$   |   |                     |                               |                       |                | X       | X                   |                     |                     |                               |             |
| Betriebs-erdbeben<br>$a_{h,\text{eff}} = 0,40 \text{ m/s}^2$<br>$a_{v,\text{eff}} = 0,27 \text{ m/s}^2$        |   |                     |                               |                       |                |         |                     | X                   | X                   |                               |             |
| Gr 3 Bemessungs-erdbeben<br>$a_{h,\text{eff}} = 0,77 \text{ m/s}^2$<br>$a_{v,\text{eff}} = 0,51 \text{ m/s}^2$ |   |                     |                               |                       |                |         |                     |                     |                     | X                             | X           |
| <b>Globale Sicherheit gegen Böschungsbruch</b>   |   |                     |                               |                       |                |         |                     |                     |                     |                               |             |
| <b>Erforderliche Sicherheit:</b>   | 1,3                                       | 1,3                 | 1,3                           | 1,2                   | 1,2            | 1,2     | 1,2                 | 1,2                 | 1,2                 | 1,1                           | 1,1         |
| <b>Berechnete Sicherheiten:</b>  |   |                     |                               |                       |                |         |                     |                     |                     |                               |             |
| Luftseitige Böschung   | 1,82                                      | 1,82                | <b>B<sub>max</sub>= 30 %</b>  | 1,82                  | 1,68           | 1,82    | 1,82                | 1,58                | 1,58                | 1,41                          | 1,41        |
| Wasserseite Böschung   | 1,96                                      | <b>1,33</b>         | <b>B<sub>max</sub>= 1,5 %</b> | 2,01                  | 1,33           | 1,40    | 1,32                | 1,73                | <b>1,20</b>         | 1,57                          | <b>1,10</b> |
| Bemerkungen:   | Erfüllt                                   | <b>Erfüllt</b>      | <b>Erfüllt</b>                | Erfüllt               | Erfüllt        | Erfüllt | Erfüllt             | Erfüllt             | <b>Erfüllt</b>      | Erfüllt                       | Erfüllt     |

a ... Bau- und Konsolidierungszustände bis zum ersten Einstau sowie Zustand „leerer Speichersee“.

b ... Beginnend vom Vollstau

c ... Lastfall nur für Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

d ... Wasserdruck und Strömungskraft bei Stauziel.

Tabelle 7: Böschungsbruchberechnung für den Hauptdamm: Lastfälle und Sicherheiten.

### 6.2.3. Zusammenfassung Berechnungsergebnisse Hauptdamm

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Lastfälle mit leerem Speichersee (LF 1.2, LF 2.6 und LF 3.2) maßgebend sind.

Im weiteren ist der Lastfall 1.3 – Porenwasserdruckaufbau beim Dammbau sowie LF 2.2a Leckage mit rascher Wasserspiegelabsenkung (Ergebnisse siehe Anhang 2) zu erwähnen. Beide wurden als Parameterstudie berechnet.

Bei LF 1.3 wurde gezeigt, dass die maximalen Porenwasserüberdrücke im Dammbereich und in der luftseitigen Anschüttung während dem Bau zu überwachen sind, um eine Kontrolle über die Böschungssicherheiten zu haben.

Bei LF 2.2a wird aufgezeigt, dass im Fall einer Leckage in der Asphaltdecke, Wasseraustritten in die Drainage die die Drainagekapazität übersteigen und einer vollkommenen Aufsättigung und Durchsickerung des Dammkörpers, die Wasserspiegelabsenkung kontrolliert mit maximal 1,5 m unter dem Porenwasserdruk im Dammkörper erfolgen soll. Festzuhalten ist, dass dieser Zustand bei der üblichen Überwachung der Sickerwässer grundsätzlich nur eintreten kann wenn innerhalb kurzer Zeitdauer eine große Fläche der Asphaltdecke seine dichtende Wirkung verliert und große Wassermengen in die Drainagen eintreten. In den Böschungsbruchberechnungen in LF 2.2a wird auch aufgezeigt, dass das Dammbauwerk auch bei vollständiger Durchsickerung noch mit ausreichender Sicherheit standsicher ist.

## 6.3. Regelquerschnitt Nebendamm

### 6.3.1. Geometrie

Dieser Dammquerschnitt tritt in unterschiedlichen Verhältnissen von Dammschüttung und Einschnitt in den anstehenden Fels über weite Bereiche des Nebendamms auf. Der hier simulierte Dammquerschnitt entspricht vom Verhältnis Damm zu Einschnitt einem Querschnitt im westlichen Bereich des Nebendamms und ist in Anlehnung an den Regelquerschnitt (siehe Anhang 1) entwickelt. (Anm.: Je höher der Anteil der Dammschüttung desto kritischer ist der Querschnitt).

Das Modell wurde im wesentlichen aus den fünf maßgebenden Zonen aufgebaut (siehe auch Abbildung 2): (i) Dammbereich (gelb); (ii) luftseitige Anschüttung (rot); (iii) wasserseitige Bremsschicht (grün); (iv) Untergrund Grus aus sandigem Kies (orange) und (v) Untergrund Fels/Gneis (grau).

Im weiteren wurde am Übergang von der Dammschüttung zum Felseinschnitt eine Drainage simuliert, deren Materialkennwerte jenen der Schüttung des Dammbereichs entsprechen.

Für das Modell mit gefülltem Speichersee (Vollstau und Überstau) wurde wiederum als konservative Annahme angesetzt, dass die wasserseitige Bremsschicht und die Auffüllung an der Sohle des Speichersees gesättigt sind.

Eventuell vorhandene Grundwässer und Schichtwässer werden, soweit ersichtlich, während der Bauphase abgeschlaucht und in den Kontrollgang geleitet. Nicht im Bau ersichtliche und später auftretende Grundwasseraustritte in den Dammaufstandsflächen und Oberflächenwasserinfiltrationen werden hier mit einem Grundwasserspiegel simuliert, der sich luftseitig, ausserhalb der Dammaufstandsfläche, auf der Geländeoberfläche befindet und im Dammkörper zur Drainageleitung beim Übergang Dammschüttung / Einschnitt drainiert. Als Drainageschicht dient hier vor allem die Grusschicht im Untergrund.



Von der Drainageleitung am Übergang Dammschüttung / Einschnitt werden die Sickerwässer in den Kontrollgang und in weiterer Folge über den Kontrollgang zur Luftseite Haupdamm abgeleitet. Mit dieser Drainagemaßnahme ist (i) die Auftriebssicherheit der Abdichtungsebenen des Speichersees aufgrund von ev. Wasserdrücken in der Schüttung des Dammbereichs sowie (ii) eine Separation von den natürlichen Grund- bzw. Sickerwässern und den Sickerwässern die über ev. Undichtigkeiten der Oberflächenabdichtung in die Drainageschicht zwischen Asphalt- schicht und wasserseitiger Bremsschicht eintreten, gegeben.

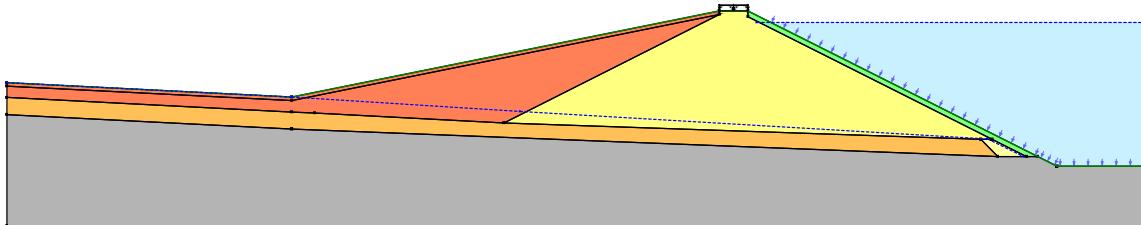


Abbildung 2: Modellgeometrie Regelquerschnitt Nebendamm.

### 6.3.2. Lastfälle und Sicherheiten gegen Böschungsbruch

Für die wasser- und luftseitigen Böschungen wurden die in Tabelle 8 zusammen- gefassten Lastfälle untersucht, die den Lastfällen für den Hauptdamm entsprechen und in Kapitel 6.2.2 beschrieben sind. In der Tabelle 8 sind auch die erforderlichen Böschungssicherheiten sowie die berechneten Sicherheiten für die luft- und wasserseitige Böschung angegeben.

Die berechneten maßgebenden Gleitkörper sind in den Grafiken in Anhang 3 dargestellt. Es wurden dieselben Lastfälle wie für den Hauptdamm berechnet.

### 6.3.3. Zusammenfassung Berechnungsergebnisse Regelquerschnitt Nebendamm

Maßgebend sind wiederum die Lastfälle mit leerem Speichersee (LF 1.2, LF 2.6 und LF 3.2).

Für den Lastfall 1.3 – Porenwasserdruckaufbau beim Dammbau wurden maximal zulässige Porenwasserüberdrücke während dem Bau von 5 % und 48 % an der Wasser- und Luftseite berechnet.

Für die Wasserspiegelabsenkung im Falle einer Leckage in der Asphaltabdichtung mit erfolgter Aufsättigung der Drainagen und des Dammkörpers, LF 2.2a, wurde gezeigt, dass der Speicherseespiegel, bei Absenken des Wasserspiegels, nicht mehr als 1 m unter dem Porenwasserdruckniveau im Dammkörper liegen soll. (Anmerkung: Im LF 2.2a für den Hauptdamm wurde angenommen, dass die Drainagen unter der Asphaltabdichtung weiterhin funktionsfähig sind und ausdrainieren und ausschließlich die Sickerwässer im Dammbereich und der luftseitigen Anschüttung nicht frei drainieren. Damit berechnet sich eine maximal mögliche Wasserspiegeldifferenz von rund 1,5 m. Wird, wie hier für den Regelquerschnitt, angenommen, dass auch in der Drainageschicht die Drainagewirkung nicht mehr gegeben ist, so reduziert sich die Wasserspiegeldifferenz auf rund 1 m.)

| Einwirkungen   | Lastfälle (LF) (Einwirkungskombinationen) |                     |                              |                       |                |         |                     |                     |                     |                              |             |
|--|---|---------------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------|
|  | Regelkombinationen                        |                     |                              | Seltene Kombinationen |                |         |                     |                     |                     | Außergewöhnliche Kombination |             |
|  | LF 1.1                                    | LF 1.2 <sup>a</sup> | LF 1.3 <sup>a</sup>          | LF 2.1                | LF 2.2         | LF 2.3  | LF 2.4 <sup>c</sup> | LF 2.5 <sup>c</sup> | LF 2.6 <sup>c</sup> | LF 3.1                       | LF 3.2      |
| Gr 1 Eigenlast   | X   | X                   | X                            | X                     | X              | X       | X                   | X                   | X                   | X                            | X           |
| Kronenlast<br>$p = 10 \text{ kPa}$   | X   | X                   | X                            | X                     | X              |         |                     | X                   | X                   | X                            | X           |
| Vollstau<br>630,50 m ü.NN  | X   |                     |                              |                       |                | X       |                     | X <sup>d</sup>      |                     | X <sup>d</sup>               |             |
| Speichersee leer   |   | X                   | X                            |                       |                |         | X                   |                     | X                   |                              | X           |
| Konsolidationsgrad B ≠ 0   |   |                     | X                            |                       |                |         |                     |                     |                     |                              |             |
| Gr 2 Überstau<br>630,72 m ü.NN   |   |                     |                              | X                     |                |         |                     |                     |                     |                              |             |
| Leckage in Dichtung  |   |                     |                              |                       | X <sup>b</sup> |         |                     |                     |                     |                              |             |
| Kronenlast<br>$p = 60 \text{ kPa}$   |   |                     |                              |                       |                | X       | X                   |                     |                     |                              |             |
| Betriebs-erdbeben<br>$a_{h,\text{eff}} = 0,40 \text{ m/s}^2$<br>$a_{v,\text{eff}} = 0,27 \text{ m/s}^2$        |   |                     |                              |                       |                |         |                     |                     | X                   | X                            |             |
| Gr 3 Bemessungs-erdbeben<br>$a_{h,\text{eff}} = 0,77 \text{ m/s}^2$<br>$a_{v,\text{eff}} = 0,51 \text{ m/s}^2$ |   |                     |                              |                       |                |         |                     |                     |                     | X                            | X           |
| <b>Globale Sicherheit gegen Böschungsbruch</b>   |   |                     |                              |                       |                |         |                     |                     |                     |                              |             |
| <b>Erforderliche Sicherheit:</b>   | 1,3                                       | 1,3                 | 1,3                          | 1,2                   | 1,2            | 1,2     | 1,2                 | 1,2                 | 1,2                 | 1,1                          | 1,1         |
| <b>Berechnete Sicherheiten:</b>  |   |                     |                              |                       |                |         |                     |                     |                     |                              |             |
| Luftseitige Böschung   | 2,95                                      | 2,95                | <b>B<sub>max</sub>= 48 %</b> | 2,91                  | 2,10           | 2,35    | 2,35                | 2,40                | 2,40                | 2,07                         | 2,07        |
| Wasserseitige Böschung   | 1,93                                      | <b>1,33</b>         | <b>B<sub>max</sub>= 5 %</b>  | 1,97                  | 1,35           | 1,40    | 1,32                | 1,71                | <b>1,20</b>         | 1,60                         | <b>1,11</b> |
| Bemerkungen:   | Erfüllt                                   | <b>Erfüllt</b>      | <b>Erfüllt</b>               | Erfüllt               | Erfüllt        | Erfüllt | Erfüllt             | Erfüllt             | <b>Erfüllt</b>      | Erfüllt                      | Erfüllt     |

a ... Bau- und Konsolidierungszustände bis zum ersten Einstau sowie Zustand „leerer Speichersee“.

b ... Beginnend vom Vollstau

c ... Lastfall nur für Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

d ... Wasserdruk und Strömungskraft bei Stauziel.

Tabelle 8: Böschungsbruchberechnung für den Regelquerschnitt Nebendamm: Lastfälle und Sicherheiten.

## 7. Gleitsicherheitsberechnung

### 7.1. Berechnungsmodell

Der Dammkörper wird aus verwittertem Gneiszersatz sowie Grus und Felsbruch aufgeschüttet. Der Untergrund der Dammschüttungen besteht entweder aus Grus (sandigem Kies) oder aus Festgestein (Gneis). Zur Lage der maßgebenden Gleitschicht kann festgestellt werden, dass sich die Materialien mit den geringeren Scherwiderständen im Dammschüttkörper befinden. Aus dem Untergrund werden alle Zonen mit geringer Scherfestigkeit, wie Hanglehm, Torf, Oberboden, verwitterter Gneiszersatz in Form von überwiegenden Ton/Schluff/Feinsandkomponenten an den Dammaufstandsflächen entfernt und aufbereitet wieder in den Dammschüttkörpern verbaut. Deshalb ist der maßgebende Schnitt für den Gleitnachweis im Dammkörper anzusetzen.

Für den Gleitnachweis im Dammkörper wird das Berechnungsmodell auf die Schüttung des Dammbereichs reduziert, der eine wasser- und luftseitige Neigung von 1:2 aufweist und eine Kronen von 5 m Breite hat. Rückhaltende Kräfte aus den weiteren Schichten wie luftseitige Anschüttung oder wasserseitige Bremschicht werden vernachlässigt.

Als unterer Grenzwert für das Raumgewicht des Schüttmaterials wird 18 kN/m<sup>3</sup> angesetzt. Der Reibungswinkel wird mit 32,5° übernommen.

Damit berechnet sich:

- Das Gewicht des Dammkörpers in einer Tiefe h unter dem Vollstauniveau zu:  
 $G = \gamma_B * (18 + 13 h + 4 h^2)$
- Die Rückhaltende des Dammkörpers zu:  $R = G * \tan \varphi'$
- Die Treibenden aus dem Wasserdruck im Speichersee:  $T = 0,5 * \gamma_w * h$  und
- Der globale Sicherheitsfaktor bei Vollstau zu:  $F_S = R / T$

Die minimale globale Gleitsicherheit bei Vollstau liegt mit  $F_S = 69$  in einer Höhe von rund 628,4 m ü.NN also 2,1 m unter der Wasserspiegellinie bei Vollstau.

Für die zusätzliche Erdbebeneinwirkung berechnen sich die Komponenten zu:

- Die Rückhaltenden zu:  $R = G * (1 - a_v) * \tan \varphi'$
- Die Treibende zu:  $T = T_{Wasser} + T_{Erdbeben} = 0,5 * \gamma_w * h + G * a_h$

Die minimale globale Gleitsicherheit bei Vollstau und Bemessungserdbeben liegt mit  $F_S = 7$  in derselben Höhe von rund 628,4 m ü.NN also 2,1 m unter der Wasserspiegellinie.

Die Gleitsicherheit ist demnach unter konservativen Annahmen für die maßgebenden Lastfälle Vollstau und Bemessungserdbeben erfüllt.

## 8. Sicherheitsnachweise

### 8.1. Tragsicherheit

Die Tragsicherheit muss für alle Lastfälle sowie alle in Frage kommenden Versagensarten nachgewiesen werden (Pkt. 7.1.2.6).

Das sind gemäß DIN 19700, Teil 11 (2004):

- alle Bauzustände, Aushubstadien, Konsolidierungszustände, Einstauphasen, Betriebszustände
- bei Talsperren der Klasse 1: die Verformungen sowie Differenzverformungen von Schüttkörpern, Einbauten und Untergrund über die Nutzungsdauer
- Spannungsaufnahme in der Aufstandsfläche; Grundbruchsicherheit
- Sicherheit gegen Abschieben des Staudamms in der Aufstandsfläche oder in einer Gleitfläche im Untergrund (Nachweis mittels Grenzgleichgewichtsbetrachtungen)
- Böschungsbruchnachweise an den ungünstigsten Gleitflächen
- Bodenverflüssigung bei Sanden

Nachfolgend werden diese Punkte für die gegenständlichen Schüttdämme am Speichersee Riedl diskutiert.

#### 8.1.1. Bauzustände, Aushubstadien, Konsolidierungszustände, Einstauphasen, Betriebszustände

Beim Aushub der oberflächennahen, feinkörnigen Untergrundsschichten ist ein flächiger Abtrag ohne wesentliche Böschungen vorgesehen.

Die Vorbereitung der Dammfundationen erfolgt mit Einschnitten in den anstehenden Untergrund von 1:2 und flacher. Bei Böschungsneigungen von 1:2 sind im Hanglehm und im verwitterten Gneiszersatz unter Annahme der Bodenkennwerte in Tabelle 6 und einer gewünschten Sicherheit von 1,3, Böschungen bis 3,5 m Höhe stabil (Annahme 1D-Modell und böschungsparalleles Gleiten). Für höhere Böschungen wird die Ausbildung von Bermen erforderlich.

Während der Schüttung der Dammkörper ist durch geeignete Maßnahmen wie Porenwasserdruckmessungen sicherzustellen, dass die Porenwasserüberdrücke die in den Tabellen angegebenen B-Werte nicht übersteigen.

#### 8.1.2. Verformungen sowie Differenzverformungen von Schüttkörpern, Einbauten und Untergrund über die Nutzungsdauer

Bei den Verformungen bzw. Setzungen sind zumindest vier Setzungskomponenten zu unterscheiden:

1. Setzungen die im Untergrund aufgrund des Aufbringens der Dammschüttung entstehen,
2. Setzungen die in der Dammschüttung aufgrund des Aufbringens weiterer Dammschüttungen entstehen,
3. Setzungen die in der Dammschüttung und im Untergrund aufgrund des Einstaues entstehen,
4. Langzeitsetzungen die auch ua. aufgrund der zyklischen Belastungen durch den Betrieb des Speichersees entstehen.

Die Setzungen aus den Punkten 1. und 2. treten im Zuge der Bauarbeiten auf und werden durch entsprechende Überschüttung mit zusätzlichem Schüttmaterial kompensiert. Diese Setzungsanteile sind für die Dammsicherheit nicht relevant und werden



durch die Vorbereitung der Dammaufstandsflächen (Ausheben von ungeeigneten Materialien und Verdichtung) sowie dem lagenweisen Einbau und der Verdichtung des Dammschüttmaterials minimiert.

Die Setzungen aufgrund des Einstaues (Punkt 3.) hängen neben den Materialsteifigkeiten stark vom Verhältnis der Schichtstärke des Lockergesteins zur Wassersäulen-höhe ab und liegen unter der Annahme von gut verdichtet eingebautem Dammschütt-material mit einem Steifemodul von rund 40 MPa im Bereich von rund 1 cm bis 6 cm für die 5 bis 30 m hohen Dammschüttungen auf felsigem Untergrund. In den Bereichen (vor allem östlicher Bereich des Nebendamms) mit mächtigen Lockergesteinslagen im Untergrund vergrößern sich die Setzungen aufgrund des Speicherseeinstaues je nach Mächtigkeit und Steifigkeit der Lockergesteinslagen im Untergrund.

Es ist zu erwarten, dass diese Setzungen wegen der allmählichen Steifigkeitsänderungen im Untergrund gleichmäßig über die Oberfläche verteilt zunehmen. Setzungsdifferenzen sind vor allem bei stark wechselnden Steifigkeiten im Untergrund oder an Einbauten im Schüttkörper zu erwarten, die mit konstruktiven Maßnahmen vermieden werden. Besondere Maßnahmen sind an Einbauten in der Asphaltierung wie dem Entnahmehaus in Form von kontinuierlichen Steifigkeitszunahmen (Keilausbildungen) vorzusehen.

Die vierte Komponente, die Langzeitsetzungen, hängen ua. von der verbauten Schütt-materialqualität und den Sickerwasserbedingungen im Dammkörper ab. Insbesondere bei den Querschnitten mit Dammschüttung und Einschnitt ist auf eine gute Auswahl der Schüttmaterialien und eine ausreichende Verdichtung zu achten, um eine gleichmäßige Bettung des Asphaltabdichtung zu gewährleisten.

#### **8.1.3. Spannungsaufnahme in der Aufstandsfläche; Grundbruchsicherheit**

Für die gegenständlichen Schüttböschungen mit Böschungsneigungen von 1:2 bis 1:5 sind die Verhältnisse von Dammkreisbreite zu Dammhöhe vergleichsweise groß, sodass eine Versagen des Dammkörpers aufgrund von Grundbruch ausgeschlossen ist.

#### **8.1.4. Sicherheit gegen Abschieben des Staudamms in der Aufstandsfläche oder in einer Gleitfläche im Untergrund (Nachweis mittels Grenzgleichgewichtsbetrachtungen)**

Die Sicherheit gegen das Abschieben / Abgleiten des Damms wurde für die maßgebenden Lastfälle Vollstaum und Bemessungserdbeben nachgewiesen, siehe Kapitel 7.

#### **8.1.5. Böschungsbruchnachweise an den ungünstigsten Gleitflächen**

Die Böschungsbruchsicherheit wurde an zwei Querschnitten mittels je 11 Lastfällen nachgewiesen, siehe Kapitel 6.

#### **8.1.6. Bodenverflüssigung bei Sanden**

Aus den Untergrund werden alle verflüssigungsfähige feinkörnige Schichten entfernt und im Dammkörper werden gut abgestufte, nicht verflüssigungsfähige Materialien eingebaut. Deshalb ist Bodenverflüssigung im Dammkreisbereich und dem Untergrund auszuschließen.

## 8.2. Gebrauchstauglichkeit

Für die Gebrauchstauglichkeit sind gemäß DIN 19700, Teil 11 (2004) die folgenden Nachweise zu führen:

- (i) Nachweis der hydraulischen Sicherheit im Bezug auf schadlose Ableitung von Sickerwässer ins Unterwasser unter Berücksichtigung maßgebender Sickerwasserlinien und Sickerwasserabflüsse sowie deren Überwachung und
- (ii) Nachweis der Riss sicherheit für Staudamm und Gründung, insbesondere der Dichtung und der Dichtungsanschlüsse sowie
- (iii) Nachweis der Verformungen zu führen.

Nachfolgend werden diese Punkte für die gegenständlichen Schüttdämme (Haupt- und Nebendamm) am Speichersee Riedl beschrieben.

### 8.2.1. Hydraulische Sicherheit - schadlose Ableitung von Sickerwässer ins Unterwasser

Allfällige **Sickerwässer durch die Asphalt dichtung** werden in der 30 cm starken Drainageschicht, die sich direkt unter der Asphalt dichtung befindet (siehe auch Dammaufbau Anhang 1), abgeleitet. Als Erosionsschutz wird zur darunterliegenden wasserseitigen Bremsschicht ein Trennvlies vorgesehen.

Am wasserseitigen Dammfuß werden die Sickerwässer im Kontrollgang gesammelt und mit natürlichem Gefälle zum südlich gelegenen Zugangsstollen zum Kontrollgang geleitet, welcher sich unter dem Hauptdamm befindet. Dort werden die Sickerwässer dem Vorfluter zugeleitet werden. Die Messeinrichtungen zur Messung und Überwachung der Sickerwässer aus dem Speichersee werden in der Technischen Beschreibung der Gesamtanlage [8] im Kapitel 2.4.3 „Kontrollgang und Überwachungssystem“ behandelt. Der Übersichtsplan der Drainageleitung in der Beckensohle ist auch diesem Bericht in Anhang 1 beigelegt.

Für **Sickerwässer aus den Dammaufstandsflächen** stehen verschiedene Optionen zur Verfügung:

- Am Hauptdamm werden ev. austretende Sickerwässer an den Flanken über die Drainagezone an der Dammaufstandsfläche zum luftseitigen Dammfuß hin kontrolliert abgeleitet.
- Beim Nebendamm werden die gefassten Sickerwässer, dem Drainagekeil zwischen Dammaufstandsfläche und wasserseitiger Bremsschicht zugeleitet und in weiterer Folge in den Kontrollgang drainiert.

Das Dammkonzept sieht grundsätzlich vor, dass keine Durchsickerung der Dammkörper stattfindet, sondern Sickerwässer an den Kontaktflächen (Asphalt dichtung oder Dammaufstandsfläche) gesammelt und abgeleitet werden. Deshalb wird auf die innere Stabilität der Dammbaumaterialien nicht weiter eingegangen.

Die Erosionsstabilität der Kontaktzonen (Untergrund/Dammschüttung, Untergrund/Drainagematerial, Drainagematerial/Dammschüttung, etc.) wird im Rahmen der geotechnischen Bauüberwachung für die tatsächlich vorkommenden Bodenmaterialien festgelegt.



### 8.2.2. Riss sicherheit für Staudamm und Gründung sowie Verformungen

Wie in Kapitel 8.1.2 beschrieben liegen die zu erwartenden Verformungen des Dammkörper, berechnet an einem 2D Modell, aufgrund des Einstaues bei ca. 1 cm bis ca. 6 cm sofern die Dammbaumaterialien gut verdichtet wurden und der Dammkörper auf Fels gegründet ist. Die Setzungen sind mit zunehmender Mächtigkeit und abnehmender Steifigkeit der Untergrundsschichten entsprechend höher.

Die größten Setzungen treten zirka in Dammmitte (auf halber Dammhöhe) auf und nehmen zur Krone und zum Felsuntergrund hin ab. Aufgrund der kontinuierlichen Zu- und Abnahme der Dammsetzungen über die Dammhöhe sind die einwirkenden Verformungen auf die Asphaltierung gleichmäßig verteilt.



Ernsting, am 11.03.2020

DI Dr. Sophie Messerklinger



**Anhang1: JES-A001-PERM1-A21008-01-BFE: Speichersee –  
Dammaufbau, Regelquerschnitt Damm im Einschnitt.**

**JES-A001-PERM1-A21008-02-AFE: Speichersee –  
Dammaufbau, Regelquerschnitt Damm vor Riedl**

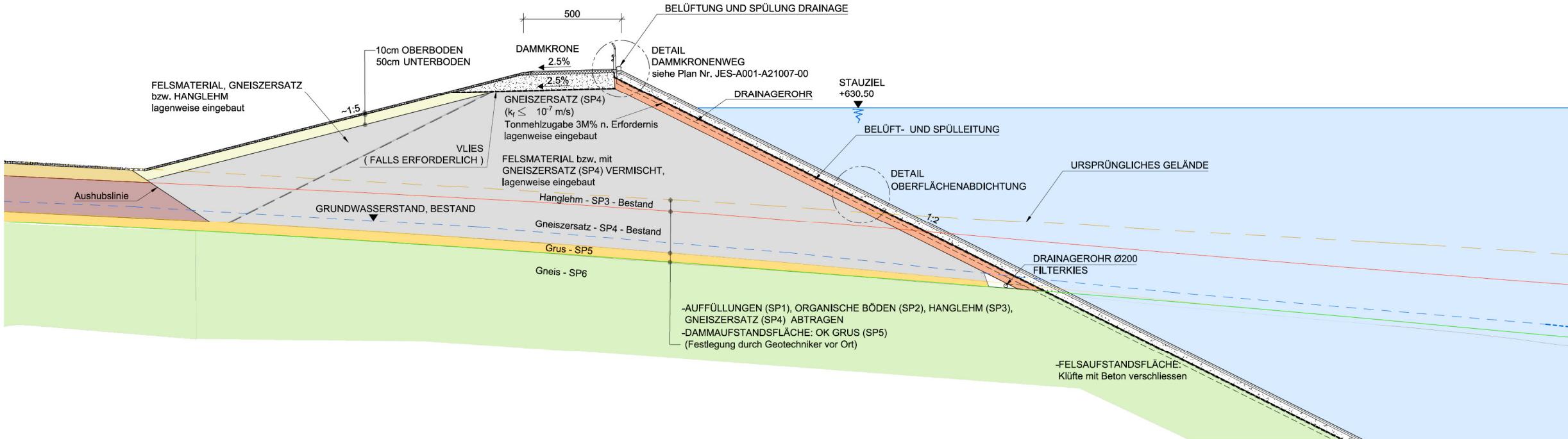
**JES-A001-PERM1-A21004-00-FFE: Speichersee –  
Drainagesystem, Lageplan und Details.**



# DAMMAUFBAU REGELQUERSCHNITT

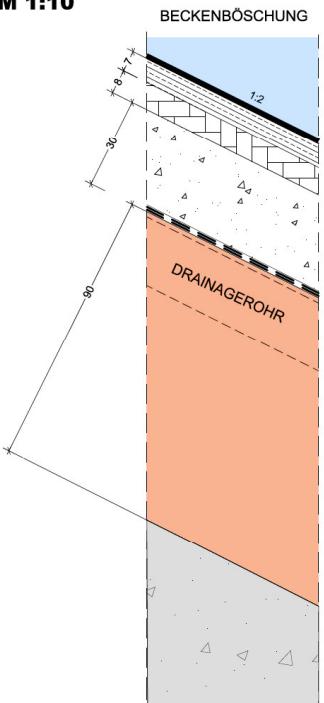
# DAMM IM EINSCHNITT NEBENDAMM

M 1:100



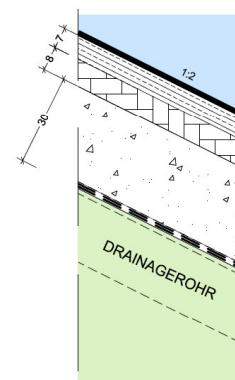
# **DETAIL OBERFLÄCHENABDICHTUNG DAMM**

M 1:10



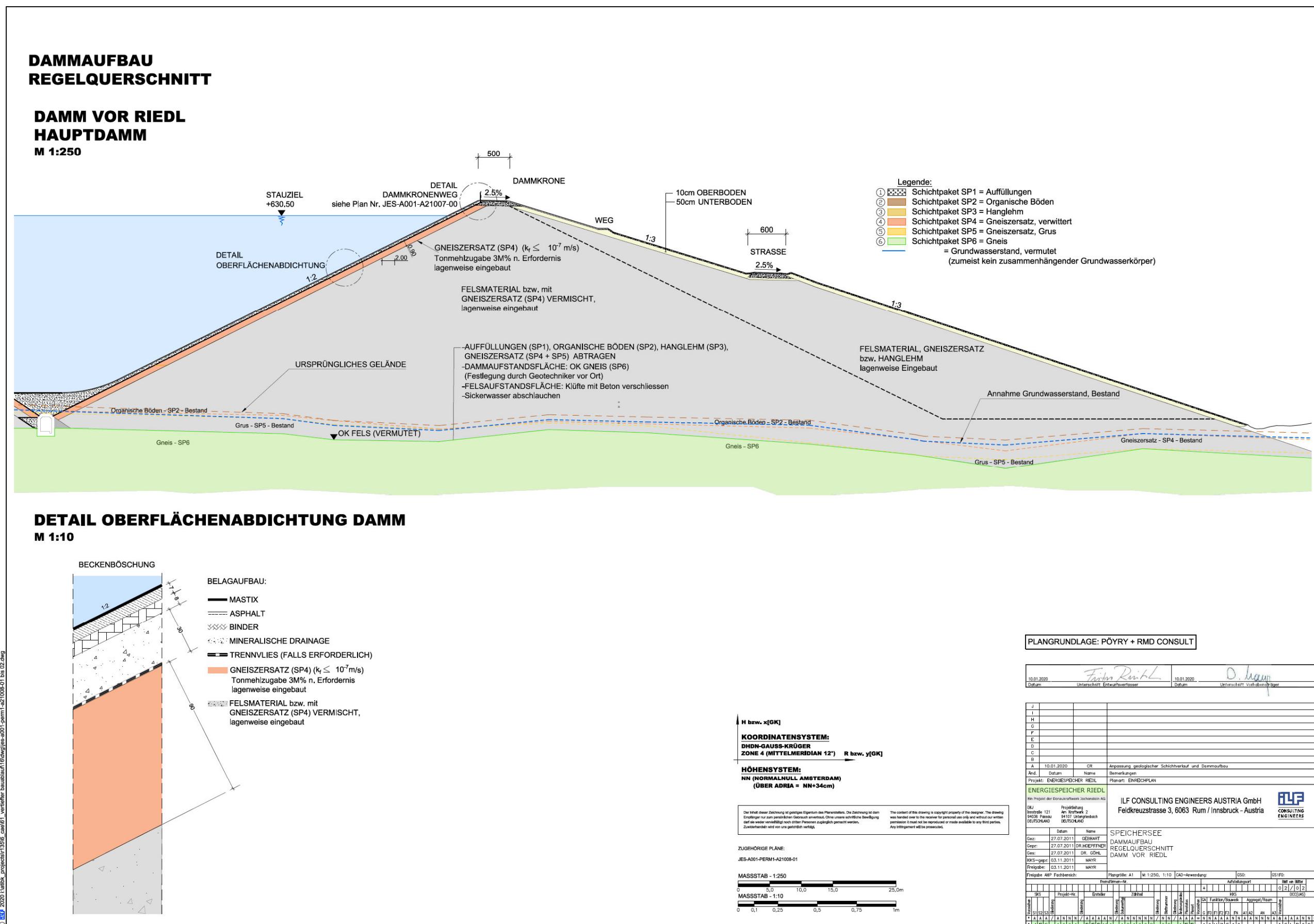
## **DETAIL OBERFLÄCHENABDICHTUNG EINSCHNITT**

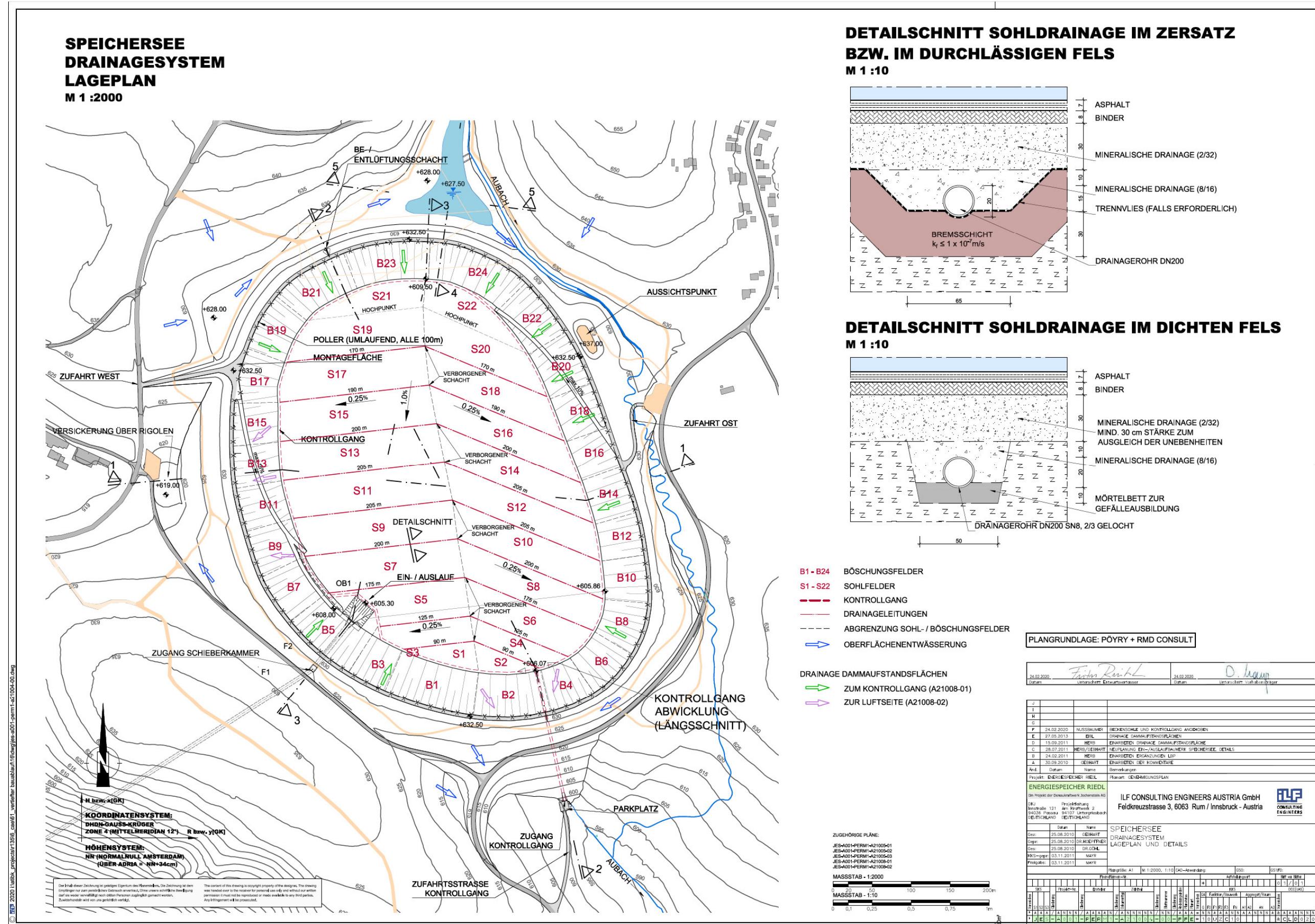
M 1:10 RECKENBÖSCH



| Legende:   |   |
|--|---|
| ①  | Schichtpaket SP1 = Auffüllungen             |
| ②  | Schichtpaket SP2 = Organische Böden         |
| ③  | Schichtpaket SP3 = Hanglehm                 |
| ④  | Schichtpaket SP4 = Gneiszersatz, verwittert |
| ⑤  | Schichtpaket SP5 = Gneiszersatz, Grus       |
| ⑥  | Schichtpaket SP6 = Gneis                    |
| <hr/>  |   |
| = Grundwasserstand, vermutet                       |   |
| (zumeist kein zusammenhängender Grundwasserkörper) |   |

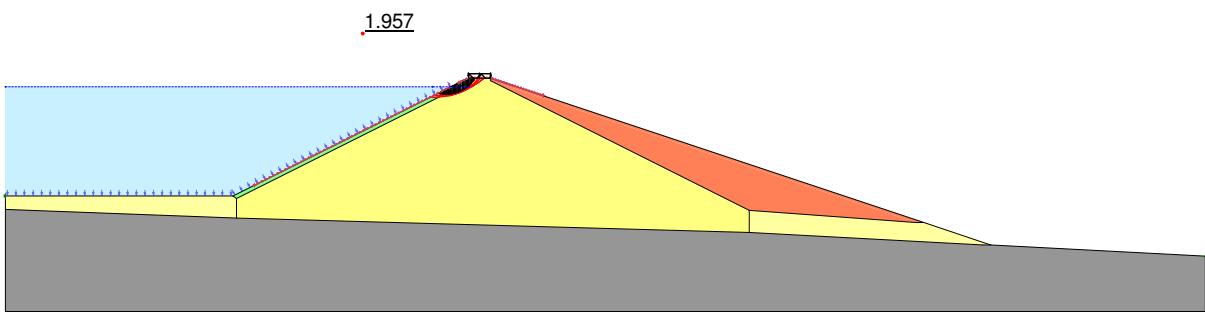
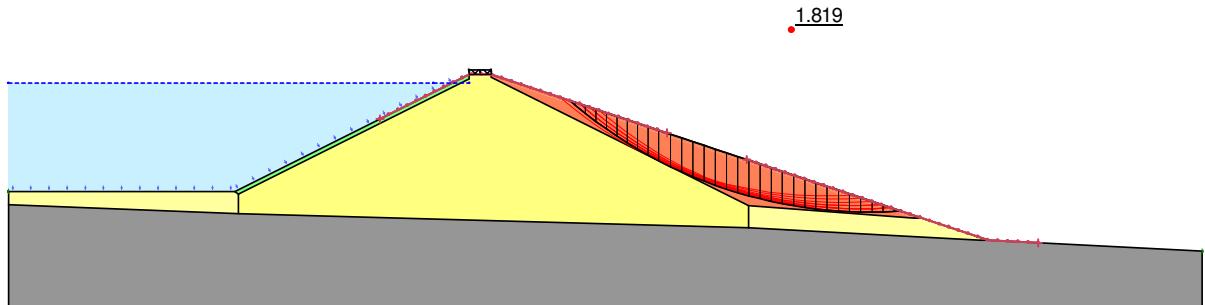
PLANGRUNDLAGE: PÖYRY + RMD CONSULT



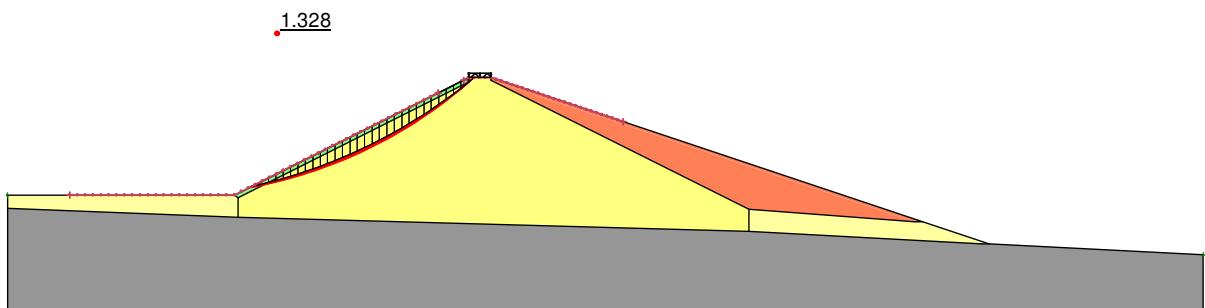
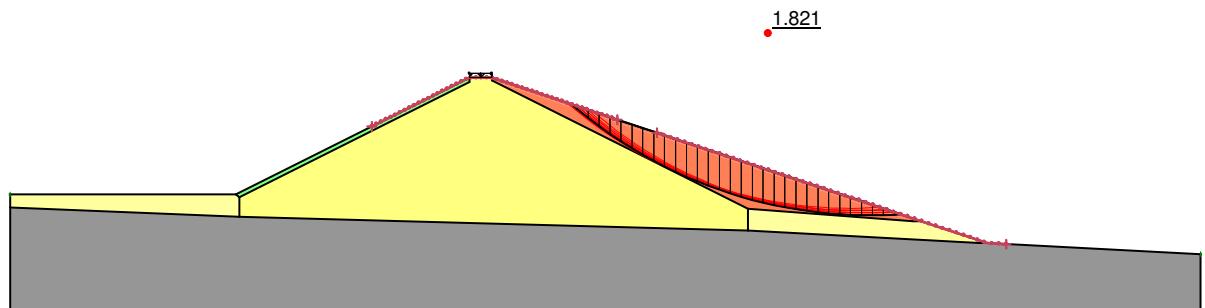


**Anhang 2: Böschungsbruchberechnung Hauptdamm**

**LF 1.1: Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$  und Vollstau:**



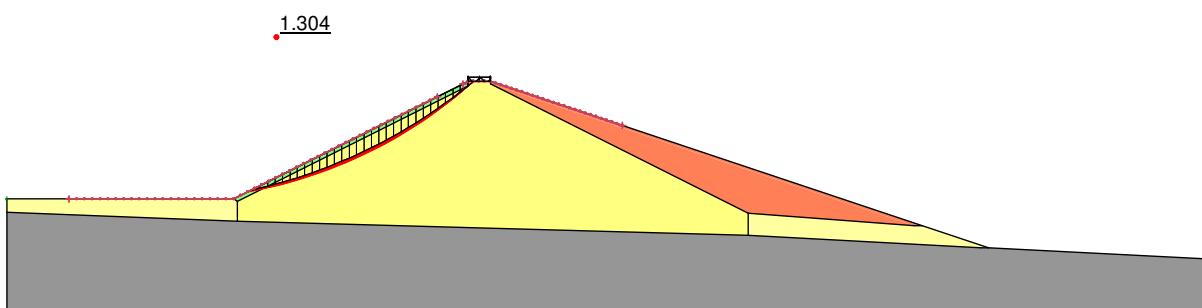
**LF 1.2: Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$  und Speichersee leer:**



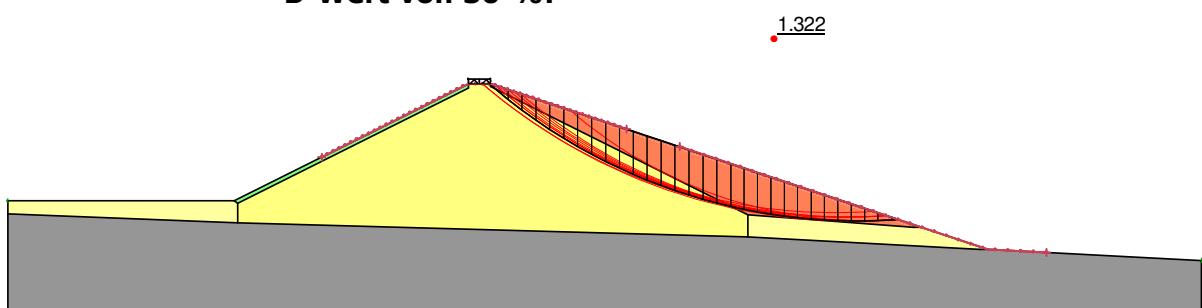
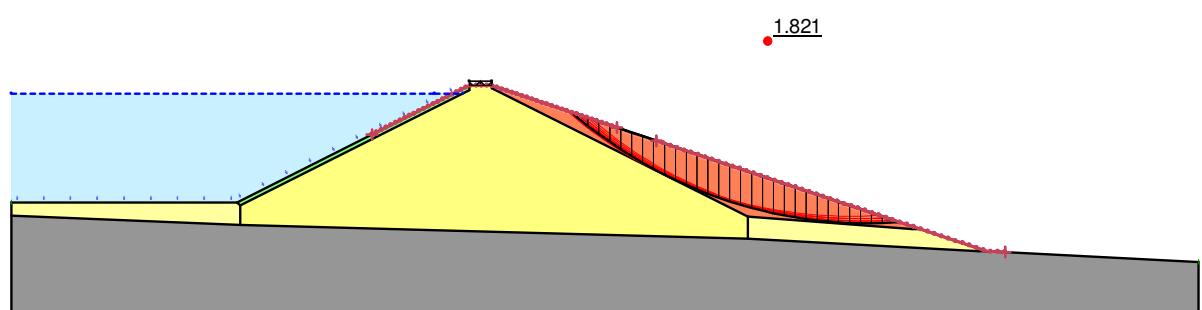
**LF 1.3:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$ , Speichersee leer und nicht vollständig auskonsolidierte Damschüttung:**

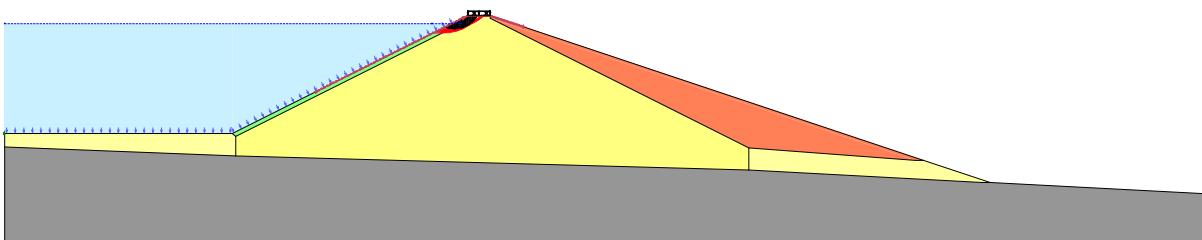
**B-Wert von 1,5 %:**



**B-Wert von 30 %:**

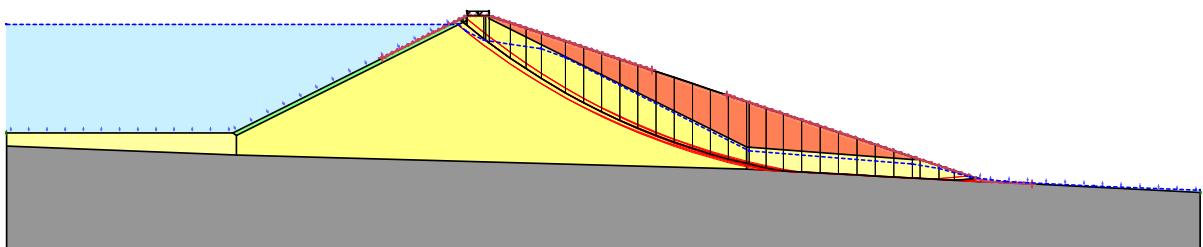
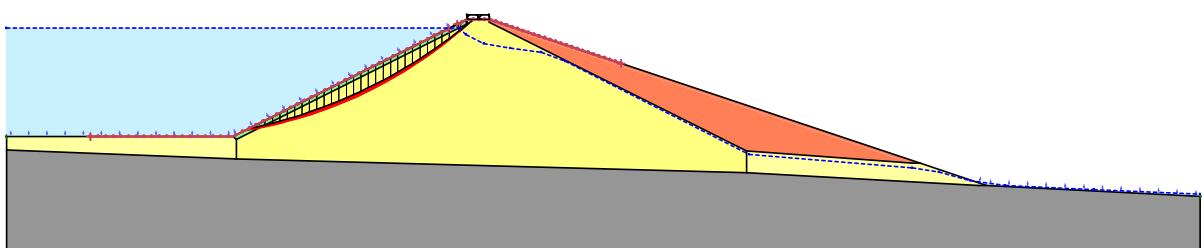
**LF 2.1: Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$  und Überstau:**

2.012



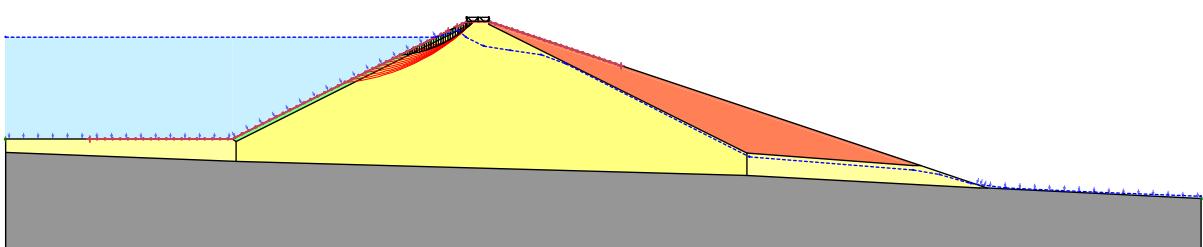
**LF 2.2:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$ , Vollstau und Leckage in der Dichtung:**

1.6791.327**LF 2.2a:**

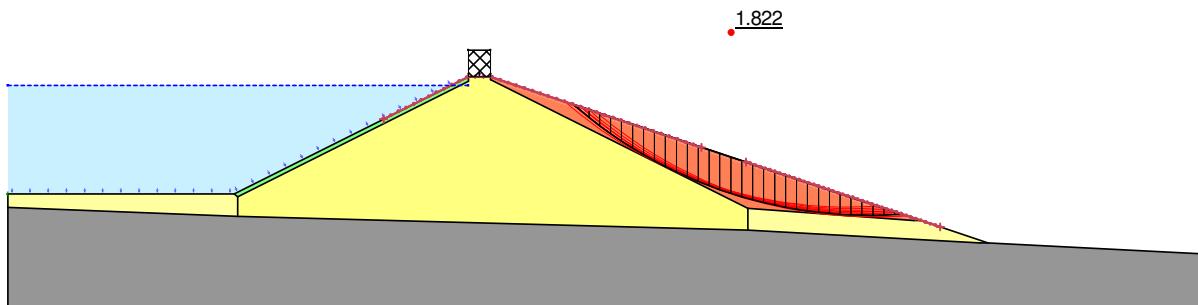
**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$ , Vollstau, Leckage in der Dichtung und Wasserspiegelabsenkung im Speichersee:**

**Wasserspiegel um 1,5 m auf 629,0 m ü.NN abgesenkt und Porenwasserdrücke im Dammkörper aus LF 2.2, Leckage und vollständiger Durchsickerung des Dammkörpers, übernommen (Ann.: Drainageschicht drainiert).**

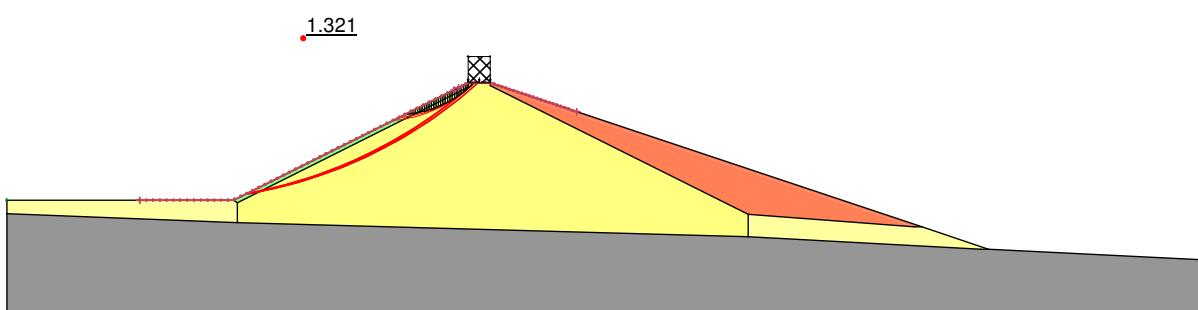
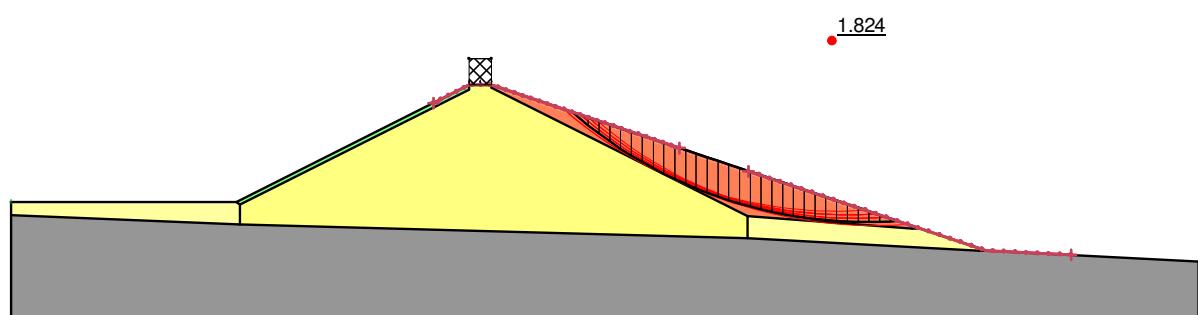
1.206

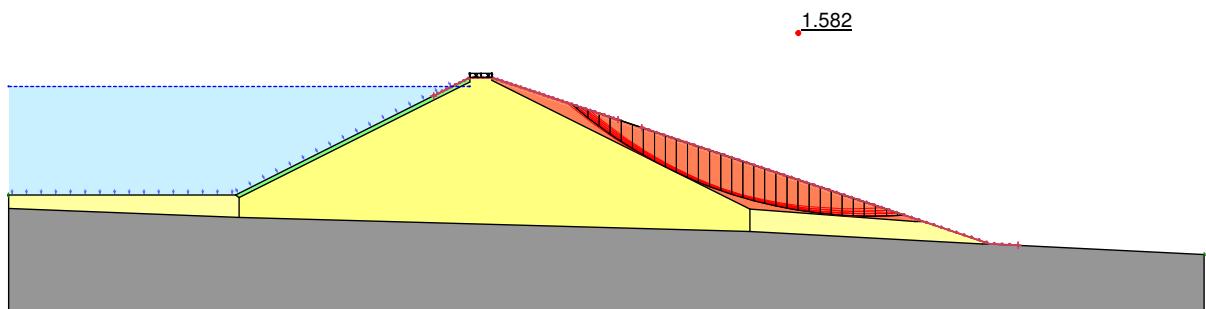
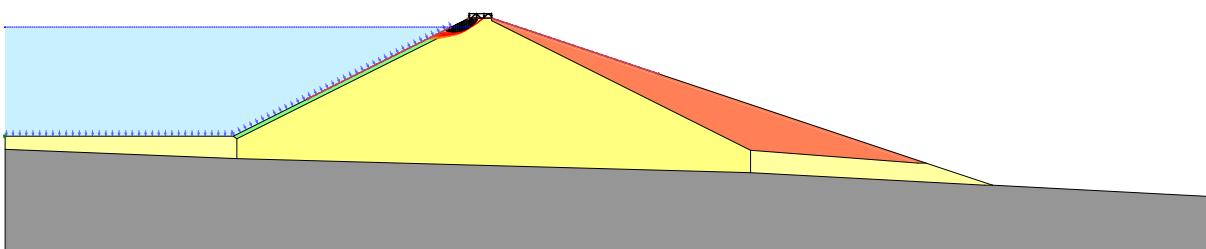
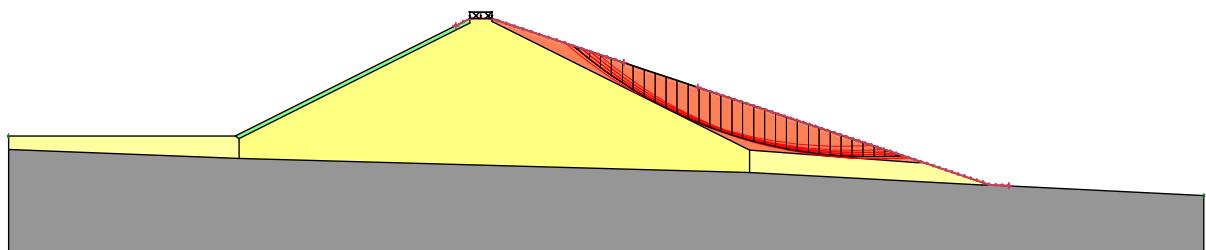
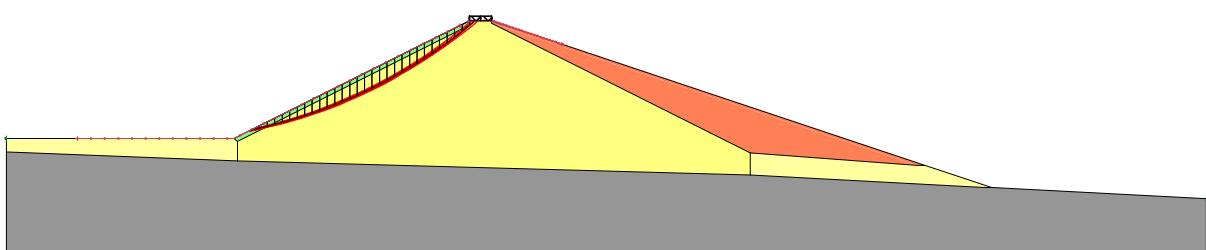
**LF 2.3:**

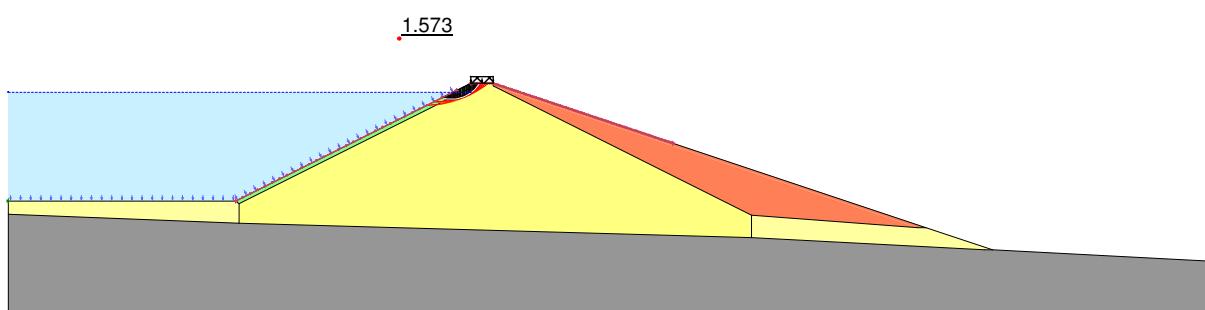
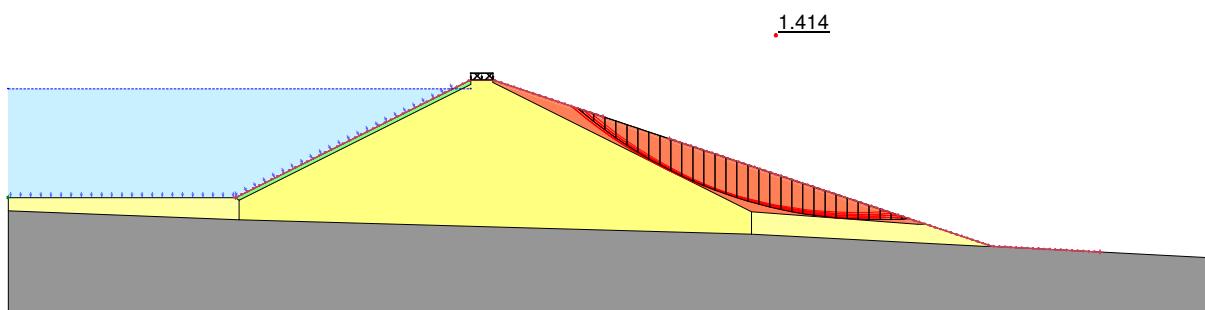
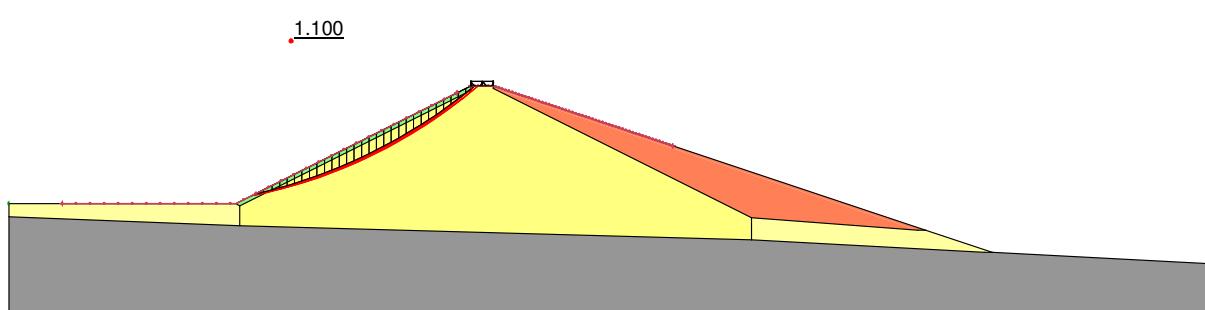
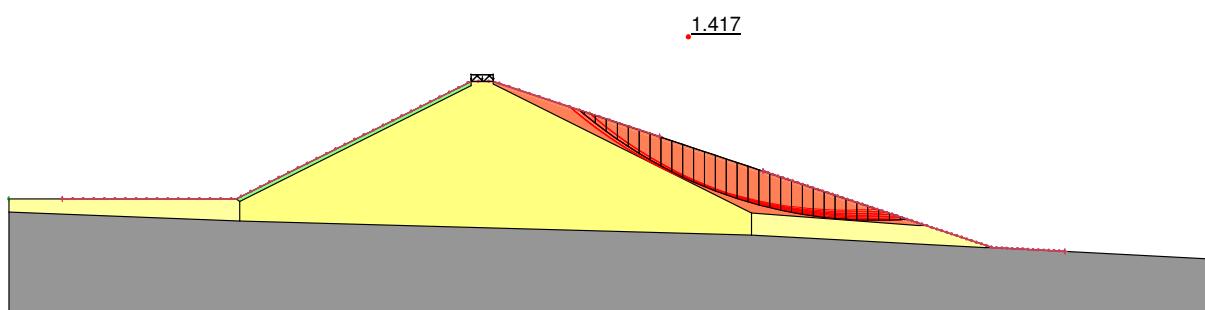
**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 60 \text{ kPa}$  bei Vollstau:**

**LF 2.4:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 60 \text{ kPa}$  bei leerem Speichersee:**

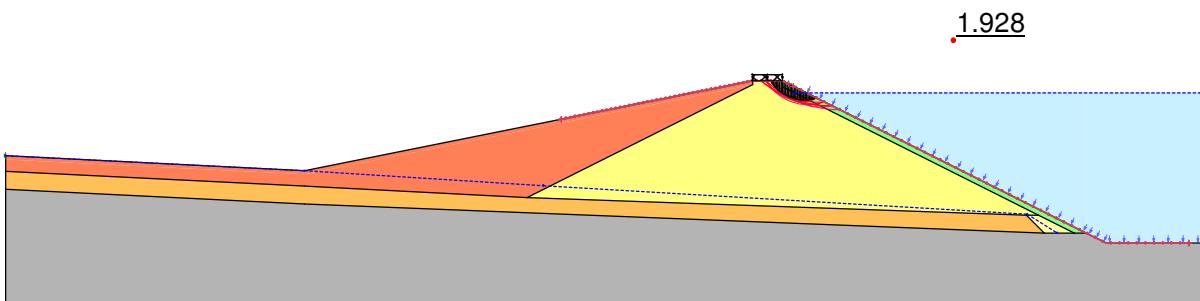
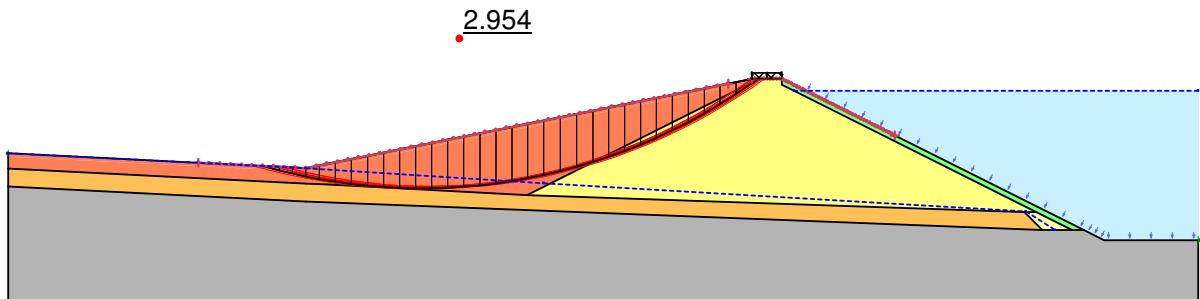


**LF 2.5:****Betriebserdbeben bei Vollstau:**1.733**LF 2.6:****Betriebserdbeben bei leerem Speichersee:**1.5841.200

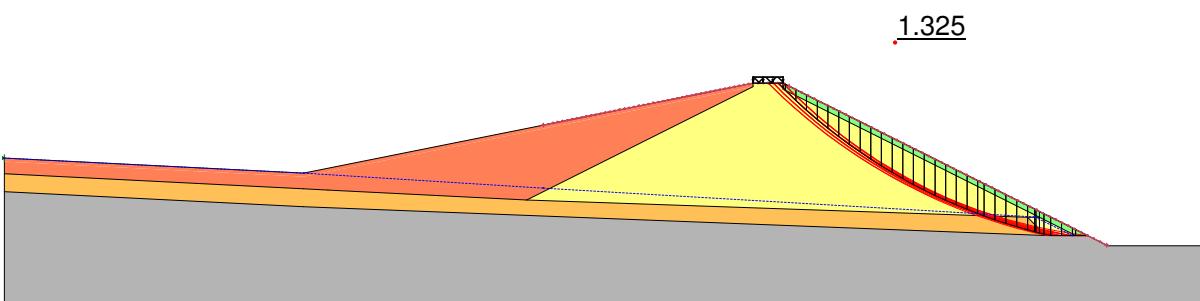
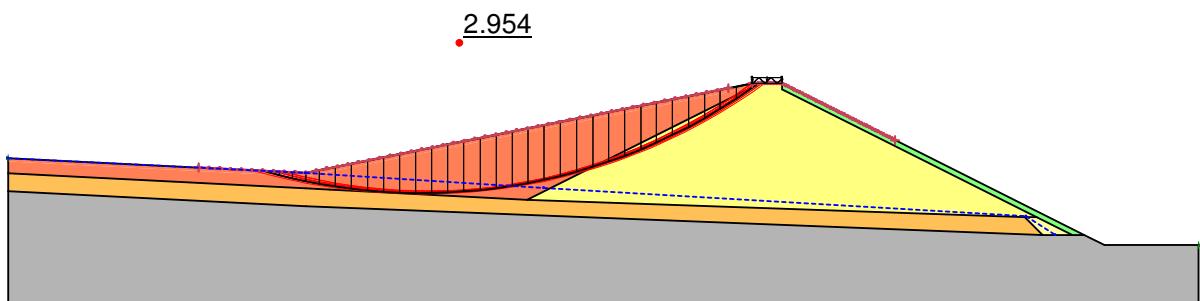
**LF 3.1:****Bemessungserdbeben bei Vollstau:****LF 3.2:****Bemessungserdbeben bei leerem Speichersee (Luftseite siehe LF 3.1):**

**Anhang 3:****Böschungsbruchberechnung Nebendamm****LF 1.1:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$  und  
Vollstau:**

**LF 1.2:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$  und  
Speichersee leer:**

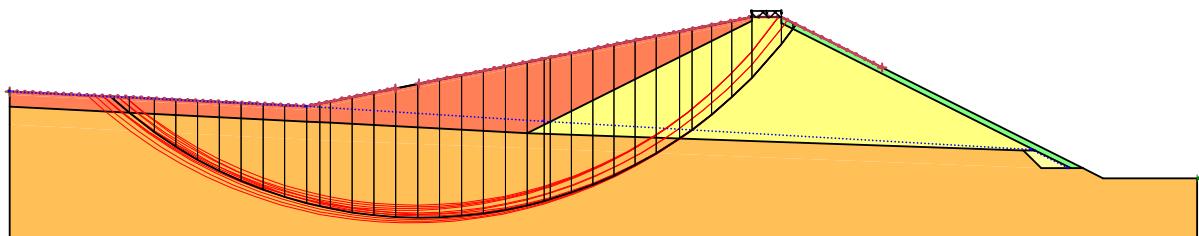


**LF 1.3:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$ ,  
Speichersee leer und nicht vollständig auskonsolidierte  
Dammschüttung:**

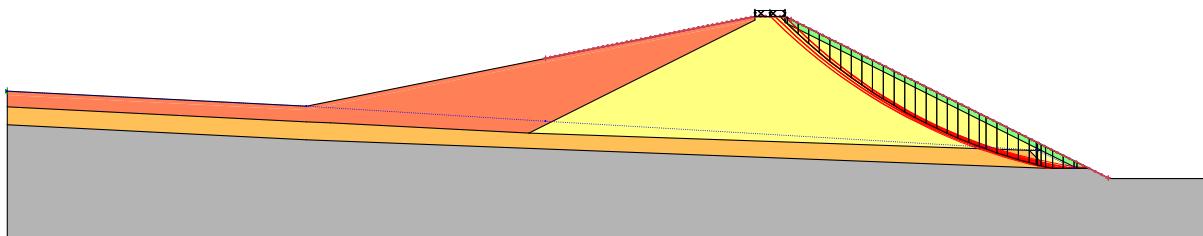
**B-Wert von 48 %:**

1.382



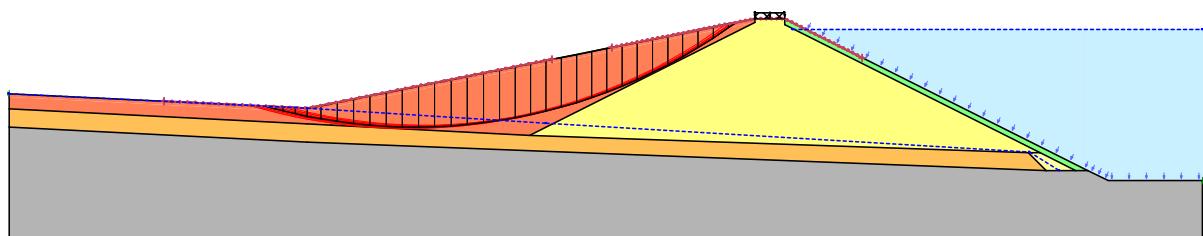
**B-Wert von 5 %:**

1.302

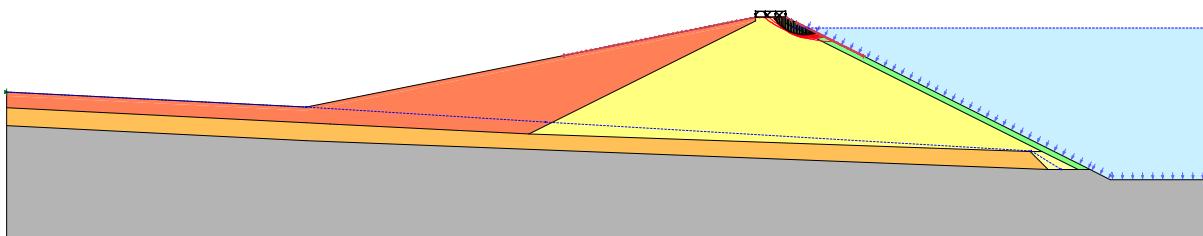
**LF 2.1:**

**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$  und  
Überstau:**

2.912

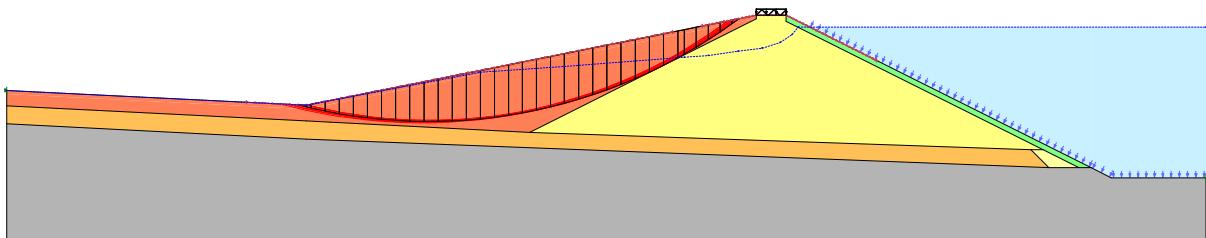
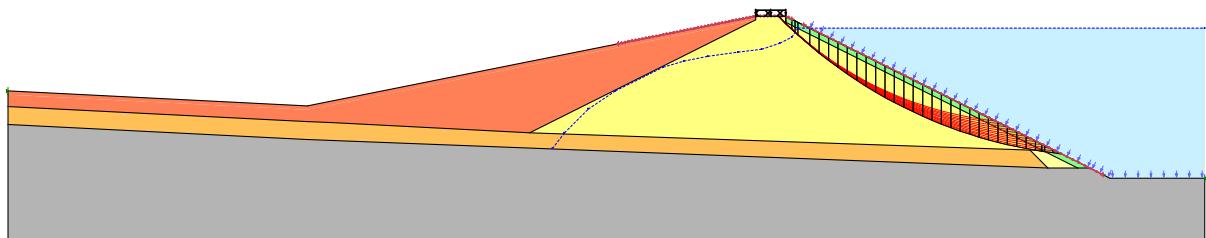


1.967



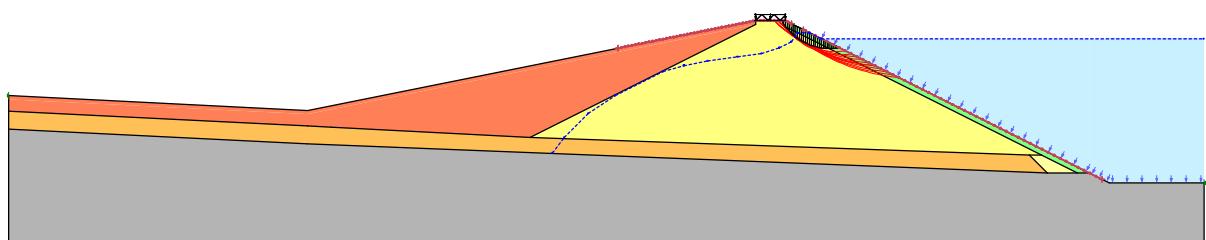
**LF 2.2:**

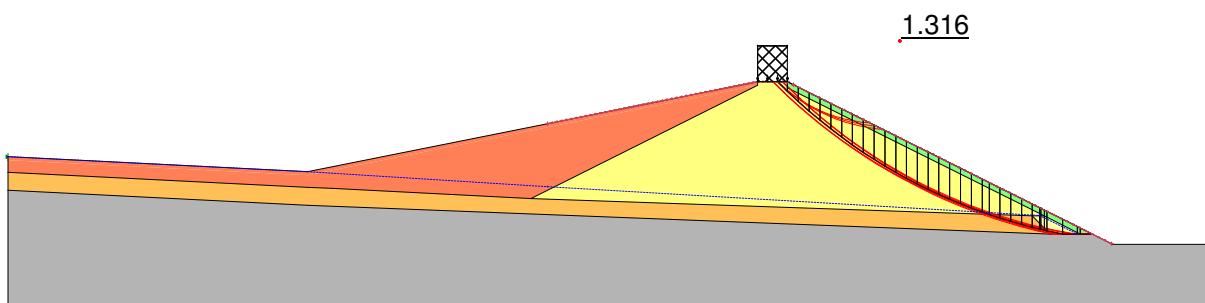
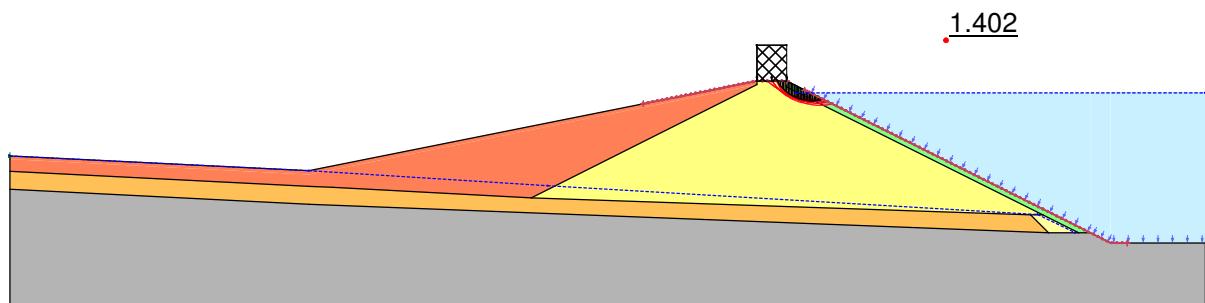
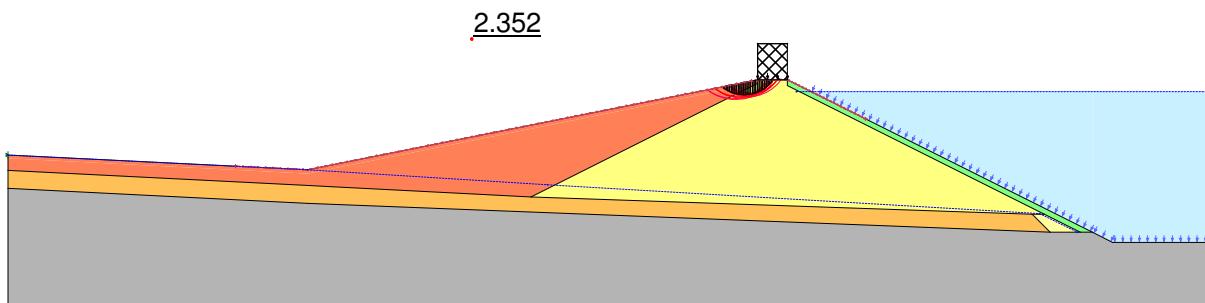
**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$ , Vollstau und Leckage in der Dichtung:**

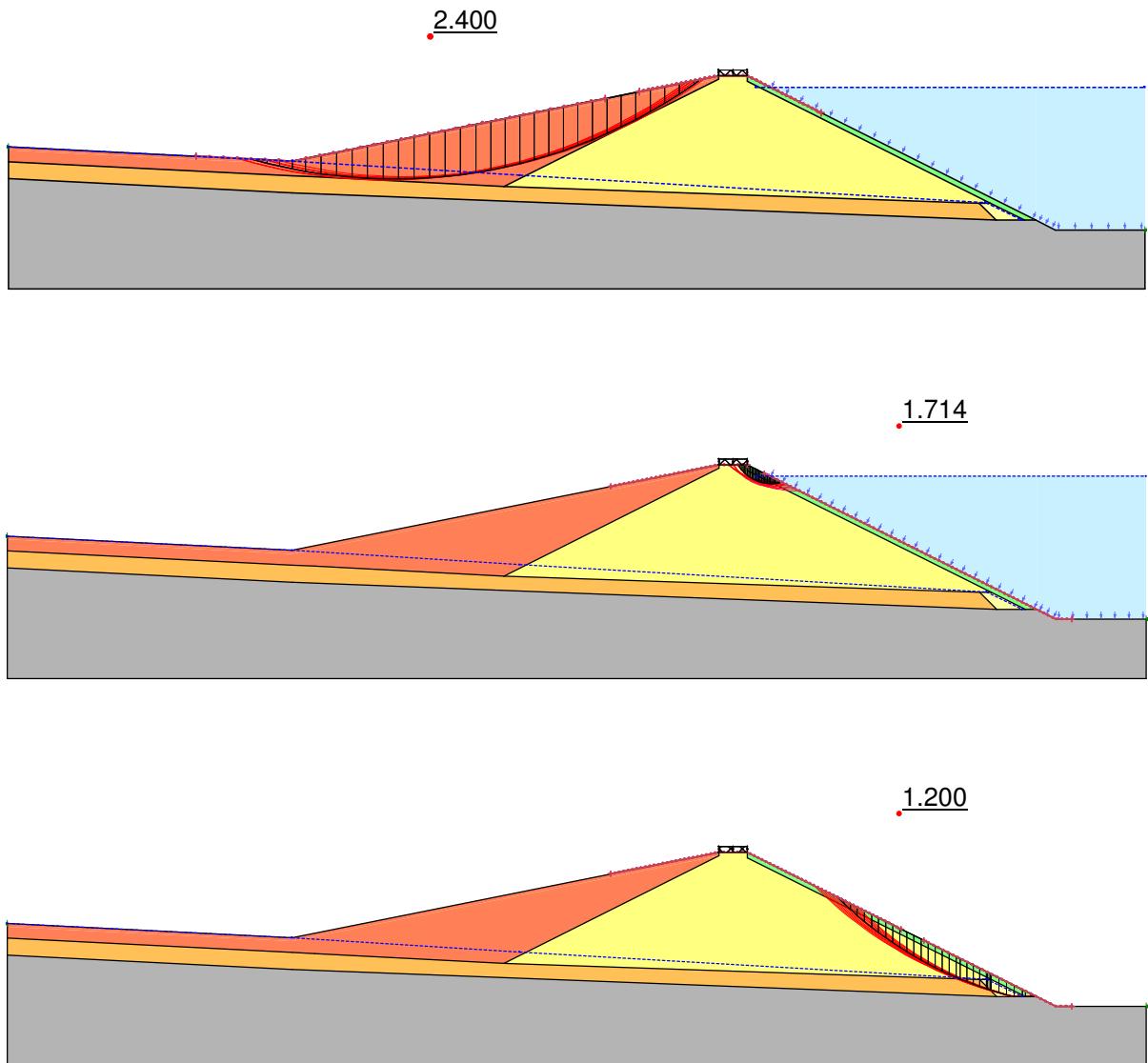
2.1041.354**LF 2.2a:**

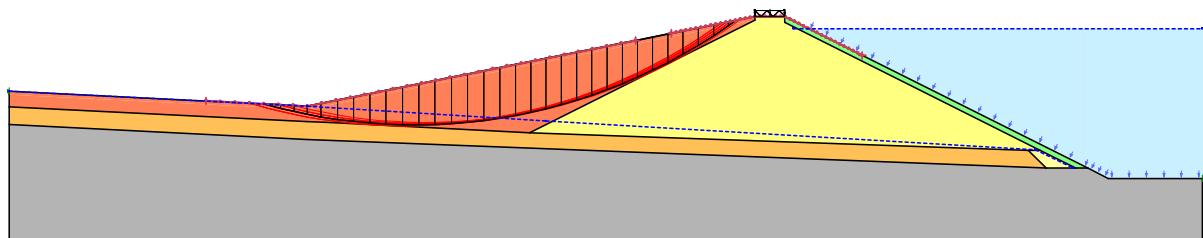
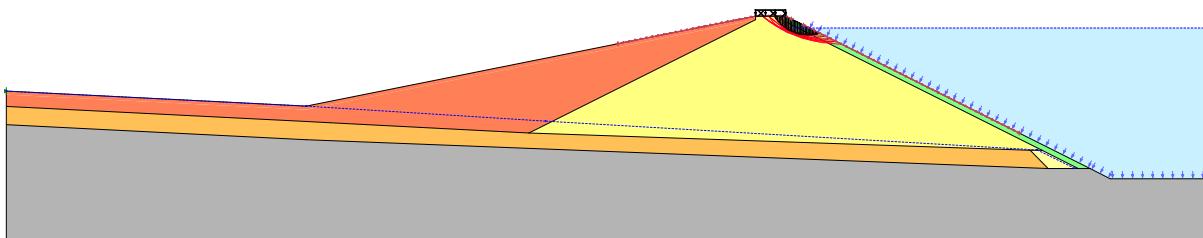
**Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 10 \text{ kPa}$ , Vollstau, Leckage in der Dichtung und Wasserspiegelabsenkung im Speichersee:**

**Wasserspiegel um 1 m auf 629,5 m ü.NN. abgesenkt und Porenwasserdrücke im Dammkörper aus LF 2.2, Leckage und vollständiger Durchsickerung des Dammkörpers, übernommen. (Ann.: Drainageschicht drainiert nicht).**

1.197

**LF 2.3 und LF 2.4: Eigengewicht, Kronenverkehrslast  $p = 60 \text{ kPa}$  bei Vollstau  
und bei leerem Speichersee:**

**LF 2.5 und LF 2.6: Betriebserdbeben bei Vollstau und bei leerem Speichersee:**

**LF 3.1 und LF 3.2: Bemessungserdbeben bei Vollstau und bei leerem Speichersee:**2.0741.6041.113