

Anhang D: Rechenblätter zur Erdbebenberechnung

Rechenblatt «Erdbebeneinwirkung»

Datum: 10.03.2025

Seite 1

Unterwerk: ..UW BESS Bonaduz.....**Spannungsebenen:** 60 kV / 33 kV**Gesuchsteller:** ..BESS Bonaduz AG.....**Projekt / Gesuch:** BESS Bonaduz / S-2516900.1**Erdbebeneinwirkung**

Bau- grundklasse ⁽¹⁾	Erdbeben- zone	Effektive Spektralbeschleunigung S_e [m/s ²] für BWK III ⁽²⁾				
		Z1a	Z1b	Z2	Z3a	Z3b
BGK A		2,7	3,6	4,5	5,8	7,2
BGK B		3,2	4,3	5,4	7,0	8,6
BGK C		3,9	5,2	6,5	8,5	10,4
BGK D und E		4,6	6,1	7,7	10,0	12,2
BGK F		spektrale Standortstudie erforderlich				

⁽¹⁾ Die Baugrundklasse kann mit Hilfe der Tabelle 24 der Norm SIA 261 oder, falls vorhanden, anhand einer Baugrundklassen-Karte bestimmt werden (<https://map.geo.admin.ch> → Seismische Baugrundklasse);

⁽²⁾ Liegt die höchste Spannung des UW bei 220 kV oder höher, ist das UW zwingend der BWK III zuzuordnen. Ansonsten steht es dem Betreiber frei, die BWK II oder III zu wählen. Für die BWK II sind die tabellierten Werte mit dem Faktor 0,8 zu multiplizieren

Bauwerksklasse (BWK II / BWK III) : BWK II**Effektive Spektralbeschleunigung ⁽³⁾ $S_e = 0.8 \times 6.5 = 5.2$ [m/s²]**

⁽³⁾ Zu verwenden für Transformatoren und Hochspannungsapparate, sofern keine genaueren Untersuchungen zu deren Grundeigenfrequenz vorliegen; die Resultate liegen immer auf der sicheren Seite. Ansonsten S_e mit Hilfe der Norm SIA 261, Paragraph 16.2, bestimmen.

Generelle Bemerkungen:

.....

.....

.....

.....

Stempel:

Verankerungskräfte bei Transformatoren

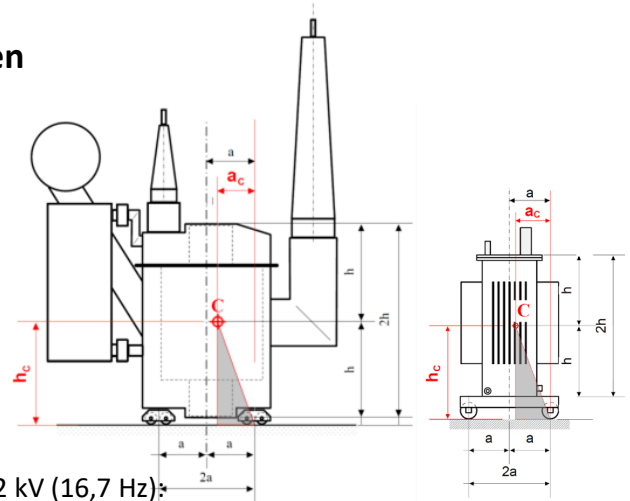
Trafo-Bezeichnung: 60 MVA, 54.5/33 kV

Gesamtmasse in Betrieb m_{tot} : 91 [t]

Schwerpunktshöhe h_c : 2.4 [m]

minimale Horizontaldistanz a_c : 0.7 [m]

Rad- (Auflager-)abstand $2a$: 1.435 [m]



Nachweise, falls

- ☐ Z1a: Spannung < 220 kV (50 Hz) bzw. 132 kV (16,7 Hz):
konstruktive Sicherung
- ☐ Z1a: Spannung \geq 220 kV (50 Hz) bzw. 132 kV (16,7 Hz):
konstruktive Abhebesicherung,
rechnerischer Nachweis Wegroll- / Abschersicherung
- ☒ Z1b – Z3b: rechnerischer Nachweis

Horizontale Erdbebeneinwirkung: $H = m_{\text{tot}} [t] S_e [m/s^2] = 473.2 [kN]$

Kippmoment aus Erdbebeneinwirkung ⁽⁴⁾: $M = 1,2 h_c [m] H [kN] = 1362.82 [kN m]$

⁽⁴⁾ Der Faktor 1.2 berücksichtigt näherungsweise, dass der Transformator teilweise eine Kippbewegung ausführt, so dass der Angriffspunkt der gesamten Erdbebenkraft höher als der Schwerpunkt zu liegen kommt.

Bemessungswerte: Abscherkraft ⁽⁵⁾: $V_{E,d} = H [kN] / 1,5 = 315.467 [kN]$
mit $q = 1,5$ gemäss Kap. 3.4

$$\text{Zugkraft}^{(6)}: Z_{E,d} = \frac{1}{1,5} \left(\frac{M [kNm] - 10 m_{\text{tot}} [t] a_c [m]}{2a [m]} \right) = 337.2 [kN] \quad]$$

⁽⁵⁾ Immer (alle Spannungsebenen und alle Erdbebenzonen) zumindest konstruktiv zu sichern.

⁽⁶⁾ Vertikale Zugkraft infolge Kippmoment auf jeder Seite zu verankern. Berücksichtigt die destabilisierende Erdbebeneinwirkung und die stabilisierende Eigenlast (Annahme: $g = 10 [m/s^2]$).

Verankerungskräfte bei Hochspannungsapparaten

Apparate-Bezeichnung: PASS M0

Gesamtmasse in Betrieb: m_{tot} : 3.65 [t]

Schwerpunktshöhe: h_c : 2.144 [m] (bzgl. Apparatefusspunkt)

Horizontale Erdbebeneinwirkung: $H = m_{\text{tot}} [t] S_e [m/s^2]^{(7)} = 18.98 [kN]$

Kippmoment aus Erdbebeneinwirkung: $M = 1,2 h_c [m] H [kN]^{(4,7)} = 48.831 [kN m]$

⁽⁷⁾ Es handelt sich um elastische Grössen; bei den Festigkeitsnachweisen dürfen diese Grössen durch den Verhaltensbeiwert $q = 1,5$ dividiert werden (vgl. Kapitel 3.4).

Bemerkungen:

.....

Losebedarf in Leiterseilen

Miteinander verbundene Apparate

Geschätzte
Eigenfrequenzen $f_{0i}^{(8)}$

Distanz zwischen
Anschlusspunkten

Apparat 1: PASS M0 $f_{01} = 2$ [Hz]

$L_1 = 2.5$ [m]

Apparat 2: TRAFO $f_{02} = 2$ [Hz]

⁽⁸⁾ Ohne genauere Untersuchungen sind bei Verwendung der Tabelle 8 folgende Annahmen zulässig:

- Leistungsschalter, Strom- und Spannungswandler sowie kombinierte Messgruppen: 2 Hz
- Dreh-, Scher- oder Pantografentrenner, Stützisolatoren und Überspannungsableiter: 3 Hz

Erforderliche Lose nach Tab. 8 ⁽⁹⁾ $D_{rel} = 0.8 \times 95 = 76$ [mm]

⁽⁹⁾ Eingangsparameter für Tabelle: f_{01} , f_{02} , Baugrundklasse und Erdbebenzone

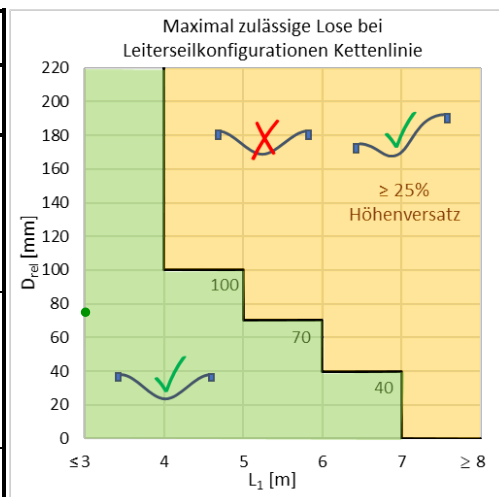
Achtung: Zulässigkeit der erforderlichen Lose bei gegebener Leiterkonfiguration, bezüglich Einhaltung elektrischer Mindestabstände und Kurzschlussfestigkeit (Bild 3), ist zu überprüfen!

Falls problematisch: Leiterkonfiguration ändern (siehe z.B. Bilder 4 und 5 der Richtlinie), oder aber den Losebedarf mit Hilfe von Berechnungen oder Messungen der Apparate-Grundeigenfrequenzen verfeinert bestimmen (ergibt oft etwas geringeren Losebedarf).

Tab. 8 ESTI-Richtlinie: erforderliche Lose D_{rel} für die BWK III ⁽¹⁰⁾

Bild 3 ESTI Richtlinie: Maximal zulässige Lose

$f_{01} - f_{02}$	Baugrund- klasse	D_{rel} [mm] in Erdbebenzone				
		Z1a	Z1b	Z2	Z3a	Z3b
2 Hz – 2 Hz	A	30	35	40	55	65
	B, E	40	55	70	90	110
	C	55	75	95	120	150
	D	80	110	135	180	220
2 Hz – 3 Hz	A	30	30	35	45	55
	B, E	35	45	60	75	95
	C	45	60	75	100	120
	D	65	85	105	140	170
3 Hz – 3 Hz	A	30	30	30	35	45
	B, E	30	35	45	60	75
	C	30	40	55	70	85
	D	35	50	60	80	100



- ⁽¹⁰⁾ – Für die BWK II die Tabellenwerte mit 0,8 multiplizieren, ohne jedoch 30 mm zu unterschreiten.
– Bei aussergewöhnlich hohen Unterkonstruktionen Tabellenwerte um 20 % erhöhen.