



Geotechnischer Bericht

Stand sicherheitsbetrachtung

Objekt: 380-kV-Leitung Altheim - Adlkofen B151, Mast 1

Version: 1.0

Auftraggeber: Tennet TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth

Berichtsdatum: 17.12.2018

Projektnummer: L18/II-315.197

Bearbeiter: Dipl.-Geogr. Kerstin Scholz

Berichtsumfang: Text: 8 Seiten
Anlagen: 4

i. A. A. Schow

Dipl.-Geogr. Marco Vierkant
geschäftsführender Gesellschafter

i. A. KSSch

Dipl.-Geogr. Kerstin Scholz
Bearbeiter

Hauptsitz
Am Oberen Anger 9
04435 Schkeuditz

Niederlassung Süd
Röhrenbach 16
88633 Heiligenberg

Niederlassung Gera
Arndtstraße 5
07545 Gera

Projektbüro Koblenz
Jakob-Hasslacher-Str. 4
56070 Koblenz

I - Änderungshistorie

Version	Aktualisierungsdatum	Bearbeiter	Freigegeben durch / am	Kurzbeschreibung / Anlass der Änderung
1.0	17.12.2018	Scholz	Schöner / 17.12.2018	Erstellung geotechnischer Bericht



II - Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung	3
2. Methodik	3
3. Landschaft – Geologie und Hydrogeologie	3
4. Baugrundcharakteristik und Baugrundmodell	4
5. Standsicherheitsbetrachtung	5
5.1 Allgemeine Grundlagen	5
5.2 Ergebnis der Böschungsbruchberechnung	6
5.3 Hinweise zur Bauausführung	7
6. Schlussbemerkung	7
7. Quellenverzeichnis	8

Anlagen

- 1 Maststandortskizze – TenneT TSO GmbH
- 2 Regelquerschnitt Staudamm und Hochwasserdamm, Längsschnitt li. Hochwasserdamm
Km 5,637 – 6,467 – Uniper Kraftwerke GmbH
- 3 Lageplan mit Laserscanningdaten und Profillinie
- 4 Böschungsbruchberechnung



1. Veranlassung

Die TenneT TSO GmbH plant den Neubau der 380-kV-Leitung Altheim – Adlkofen (B151). Mast 1 der genannten Leitung soll in unmittelbarer Nähe zu einem Hochwasserdamm der Isar (Flusskilometer 67) errichtet werden. Im Vorfeld der Baumaßnahme ist mittels Standsicherheitsuntersuchung zu prüfen, ob während der Bauausführung eine Gefährdung für die Hochwasserschutzanlage besteht.

Die Buchholz + Partner GmbH wurde mit der Betrachtung der Standsicherheit beauftragt.

2. Methodik

Für den geotechnischen Bericht bzw. die Standsicherheitsbetrachtung, welche auf den DIN EN 1997-1:2014-03 (EC 7) und DIN 1054:2010 basieren, wurden folgende Methoden bzw. Unterlagen eingesetzt:

- **Vorerkundung:** Auswertung von geologischen, hydrologischen und topographischen Quellen, Auswertung von Planungsunterlagen der Hochwasserschutzanlagenbetreiber Uniper Kraftwerke GmbH, Internetrecherche
- **Baugrunderkundung** mittels Kleinrammbohrung (KRB) zur Erkundung der geologischen Schichtung anstehender Erdstoffe. Die angetroffenen Schichten wurden gemäß DIN EN ISO 14688 / 4023 (Schichtprotokoll und Bohrprofil) dokumentiert (Geotechnischer Bericht der Firma Buchholz + Partner GmbH, Projekt-Nr.: L14/II-95.62 vom 12.05.2015).
- **Informationen zur Geländeoberfläche aus Lasersatzensatz:** SPIE SAG GmbH
- **Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084** (Lamellenverfahren nach BISHOP) für eine Profillinie
- **Gleitsicherheitsnachweis** der Böschung

3. Landschaft – Geologie und Hydrogeologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich des Unteren Isartals als Teil des Unterbayerischen Tertiärhügellandes. Der oberflächennahe Untergrund ist aus pleistozänen Flusssedimenten aufgebaut, die im Zuge der Baugrunderkundung als sandige, schwach schluffige Kiese in mitteldichter Lagerung charakterisiert werden konnten. Die Terrassenkiese treten in Teufen ab ca. 0,3 m u. GOK auf und werden anhand der Altprofile des Bohrdatenarchivs Bayern auf mindestens 10 m Mächtigkeit geschätzt. Im Liegenden befinden sich die verschiedenen Sedimente der Oberen Süßwassermolasse.

Im Bereich von Maststandort 1 bilden die Terrassenkiese den Grundwasserleiter. Der Grundwasserspiegel lag zum Zeitpunkt der Erkundung bei 2,35 m unter GOK. Aufgrund fehlender Grundwassermessstellen wird der Bemessungswasserstand auf 1,35 m unter GOK festgesetzt. Dementsprechend ist eine Wasserhaltung während der Baumaßnahme erforderlich.

Das Untersuchungsgebiet ist gemäß DIN EN 1998/NA:2011-01 keiner Erdbebenzone zugehörig.



4. Baugrundcharakteristik und Baugrundmodell

Die Erkundungsarbeiten für das geplante Baugrundstück wurden in einem vorangegangenen Projekt (Buchholz + Partner GmbH L14/II-95.62) mittels Kleinrammbohrung (KRB) als Handbohrtechnik durchgeführt. Dabei konnte der Baugrund bis in eine Tiefe von max. 4,0 m u. GOK aufgeschlossen werden. Für die Bewertung des tieferen Baugrundes wurden Daten aus dem Bohrdatenarchiv Bayerns abgefragt und Schichtgrenzen interpoliert. Am Standort wurden mitteldicht gelagerte Terrassenkiese erkundet, die vermutlich ca. 10 m mächtig sind. Die Terrassenkiese werden nach derzeitigen Kenntnisstand als Gründungshorizont dienen.

Entsprechend den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen zum Aufbau der Hochwasserschutzanlage (vgl. Anlage 2) handelt es sich um einen Hochwasserdamm ohne Dichtung, der aus Kiesen (vermutlich autochthonen Ursprungs) aufgeschüttet und mit einer Humusdecke verhüllt wurde.

Folgende Bodenkennwerte können für die angetroffenen Schichten angegeben werden (siehe Tabellen 1 und 2):

Tab. 1: Charakterisierung der einzelnen Baugrundsichten

Eigenschaft / Merkmal	Einheit	Schicht 1
geologische Bezeichnung		Terrassenkiese
Teufenbereich	m unter GOK	0,3 – ca. 10,0
Körnung nach Feldbefund		mG, fg-gg, s, u'
Bodengruppe DIN 18196		GU
Bodenklasse DIN 18300		BK 3-5 ¹⁾
Bohrbarkeitsklasse DIN 18301		BN1, BS1 ²⁾
Lagerungsdichte / Konsistenz nach Feldbefund		mitteldicht
Durchlässigkeitsbeiwert		$1,5 \times 10^{-4}$ ³⁾
Verdichtbarkeitsklasse		V1
Frostempfindlichkeitsklasse		F2
Tragfähigkeit		hoch

¹⁾ Einzelne Gerölle innerhalb der Terrassensedimente können möglicherweise Blockgröße erreichen. Nach DIN 18300 sind diese je nach Seitenlänge in die Bodenklassen 5 bis 7 einzuordnen. Es wird diesbezüglich auf die Angaben in der DIN 18300 verwiesen.

²⁾ Auf Grundlage der durchgeführten Baugrunderkundung kann das Vorhandensein von Erdstoffen der Klassen > BS 1 nicht ausgeschlossen werden.

³⁾ abgeleitet aus laborativ bestimmter Körnungslinie



Tab. 2: Kennwerte der einzelnen Baugrundsichten

Eigenschaft / Merkmal	Einheit	Schicht 1
geologische Bezeichnung		Terrassenkiese
Lagerung / Konsistenz		mitteldicht
Wichte γ ⁴⁾	kN/m ³	20,0
Wichte unter Auftrieb γ'	kN/m ³	11,0
Wichte γ_r im gesättigten Zustand	kN/m ³	21,0
Reibungswinkel ⁵⁾	°	32,5
Kohäsion, undrainiert c_u	kN/m ²	0
Kohäsion, drainiert c'	kN/m ²	0
Steifemodul E_s	MN/m ²	50-60

⁴⁾ im erdfeuchten Zustand

⁵⁾ Rechenwert für den inneren Reibungswinkel des nichtbindigen und des konsolidierten bindigen Erdstoffes

5. Standsicherheitsbetrachtung

5.1 Allgemeine Grundlagen

- Für die Ermittlung der Standsicherheit wurde das Lamellenverfahren nach BISHOP (Ermittlung des ungünstigsten Gleitkreises) gemäß DIN 4084 angewandt.
- Die erforderliche Standsicherheit wird nach EC-7 / DIN 1054:2010-12 für den Lastfall BS-T (temporäre Einwirkungen) und den Grenzzustand GEO 2 / STR mit einem Wert $\mu \leq 1,0$ (Ausnutzungsgrad der Widerstände) festgelegt.
- Die angesetzten Bodenkennwerte und der Verlauf der Schichtgrenzen basieren auf der Grundlage der der Erkundungsergebnisse vom 12.05.2015 (Buchholz + Partner GmbH; Projekt-Nr.: L14/II-95.62), auf den Angaben aus der geologische Karte 1:25.000 Bayern sowie auf Altprofilen des Bohrdatenarchivs Bayerns. Entsprechend DIN 4084 wurde für die Berechnungen eine Vereinfachung des Schichtbildes vorgenommen.
- Die Rechenwerte für die Wichte, Kohäsion und den Winkel der inneren Reibung sind in dem Kapitel 4 „Baugrundcharakteristik“ aufgeführt. Sind in der Tabelle „Von-bis-Werte“ für die jeweiligen Kennwerte angegeben, so wurde gemäß DIN 1054 der Minimalwert für die Berechnungen angesetzt. Es wurde demnach vom ungünstigsten Fall ausgegangen.
- Die Standsicherheitsbetrachtung wurde für ein Profil durchgeführt, dessen Verlauf Anlage 3 entnommen werden kann.
- Die Geometrie der Geländeoberfläche im Bereich des Mastfundamentes und der Hochwasserschutzanlage wurde auf Grundlage der vorliegenden Laserscanningdaten und Vermessungsdaten der SPIE SAG GmbH ermittelt sowie basierend auf das Regelprofil und Längsprofil der Hochwasserschutzanlage von der Betreibergesellschaft Uniper Kraftwerke GmbH



angepasst (vgl. Anlagen 2 und 3). Das gilt im Besonderen für die Binnenböschung des Hochwasserdammes, da in diesem Bereich aufgrund des starken Bewuchses während der Befliegung Fehlstellen im Laserdatensatz für die Geländeoberkante vorhanden sind.

- Die Geometrie der Baugrube wurde den Hinweisen und der Maststandortskizze der TenneT TSO GmbH entnommen (vgl. Anlage 1). Dementsprechend ist die Breite und Länge des Fundamentes 17 m sowie die Einbindetiefe bei 2,6 m unter GOK. Die Baugrube ist an jeder Seite ca. 0,35 m größer als die geplante Fundamentplatte. Für das zu betrachtende Profil ist die Diagonale der Baugrube relevant, die mit ca. 24 m angenommen wird. Der Abstand zum Hochwasserdamm entspricht 4,14 m.
- Die Baugrube soll Isarseitig mit einer Spundwand verbaut werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Spundwand mind. 3 m unterhalb der geplanten Baugrubensohle in die Terrassenkiese einbindet. Die Spundwand wurde als Bauteil in die Software zur Böschungsbruchberechnung eingepflegt.
- Auf dem Hochwasserdamm befindet sich ein Feldweg. Daher wird für die Dammkrone eine Verkehrslast von 33,3 kN/m² angenommen.
- Für die Böschungsbruchberechnung wird der Wasserstand der Isar bei einem Bemessungshochwasser berücksichtigt. Entsprechend Anlage 2 befindet sich die Hochwasserspiegellage 0,8 m unterhalb der Dammkrone bzw. bei 379,6 m über NHN.
- Der Bemessungsgrundwasserstand variiert im Verlauf des zu betrachtenden Profils. Um die Baugrube herum wird ein Bemessungsgrundwasserstand von 1,35 m u. GOK angenommen. Im Bereich der Baugrube sollte sich der Grundwasserstand unterhalb der Baugrubensohle bei ca. 2,7 m unter GOK befinden. Aufgrund der Annahme eines Bemessungshochwassers für den Wasserstand der Isar wird angenommen, dass das Grundwasser auf der Außenböschung bis zur GOK reicht und sich hin zur Binnenböschung allmählich bis ca. 0,5 m unter GOK absenkt (vgl. Grundwasserspiegel Anlage 4).
- Bei den Standsicherheitsberechnungen für die Böschung werden Gleitflächen betrachtet, die mindestens 0,3 m tief in den Hang einschneiden. Flachere Gleitflächen können sich unabhängig von der Böschungsneigung durch Eindringen von Niederschlagswasser und einer damit einhergehenden Herabsetzung der Kohäsion der eingebauten bzw. anstehenden Erdstoffe ausbilden. Des Weiteren kann der Einfluss von Bioturbation (grabende und gangbildende Tätigkeiten durch Maulwürfe, Wühlmäuse o. ä.) ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

5.2 Ergebnis der Böschungsbruchberechnung

Die Berechnung erfolgte für den Hochwasserdamm während des Bauzustandes und unter Berücksichtigung eines Bemessungshochwassers (ca. 0,8 m unterhalb der Dammkrone bzw. bei 379,6 m über NHN). Entsprechend dem vorliegenden Planwerk soll die Baugrube auf der Binnenseite des Hochwasserdammes mit Spundwänden verbaut werden.

Das Ergebnis für die Berechnung kann Anlage 4 entnommen werden. Für das betrachtete Profil mit den entsprechenden Ansätzen wurden folgende Standsicherheiten ermittelt:



Tab.3: Ergebnis der Böschungsbruchberechnung – Verfahren nach BISHOP

Höhe der Böschung	Neigung der Böschung	Ausnutzungsgrad der Widerstände μ
		mit Schichtwasser in der Böschung
ca. 3,1 m	ca. 26 °	0,59

Für die Standsicherheitsbetrachtung der Binnenböschung des Hochwasserdammes wurde die Bemessungssituation BS-T verwendet. Angenommene Lasten sind die während der Funktionszeit nicht ständig wirkenden Verkehrslasten im Bereich der Dammkrone sowie die ständig wirkenden Lasten der Hochwasserspiegellage auf der Außenböschung. Der Suchbereich für die Gleitkreise wurde im Bereich des Böschungsfußes der Hochwasserschutzanlage bei ca. 33 m im Profilverlauf festgelegt. Die Standsicherheitsbetrachtung ergab, dass die Böschung **standsicher** ist. Die Berechnung mit oberflächennahem Schichtwasser im System ergab einen maximalen Ausnutzungsgrad der Widerstände $\mu = 0,59$. Die Scherfestigkeit der Böschung wird demnach zu 59 % ausgenutzt.

5.3 Hinweise zur Bauausführung

Aufgrund der Nähe der Baugrube zum Hochwasserdamm der Isar, soll die Baugrube auf zwei Seiten mit Spundwänden gesichert werden. Um die Gefahr von Setzungen im Dammkörper bzw. Instabilitäten der Böschung auf ein Minimum zu begrenzen, empfehlen wir beim Setzen der Spundwände ein hochfrequentes und erschütterungsarmes Vibrieren anzuwenden bzw. gegebenenfalls Einbringhilfen zu verwenden (z.B. Vorbohren).

Wir empfehlen bei der Bemessung der Spundwand durch den zuständigen Fachplaner ebenfalls die Hochwasserspiegellage bei einem Bemessungshochwasser zu berücksichtigen um einem hydraulischen Grundbruch ausschließen zu können.

Ebenfalls empfehlen wir eine offene Wasserhaltung, um den Absenktrichter um die Baugrube herum so gering wie möglich zu halten.

Es wird empfohlen, die Baumaßnahme während einer trockenen, niederschlagsarmen Witterungsperiode durchzuführen. Werden die Arbeiten zu Zeiten ungünstiger Witterungsbedingungen (ergiebige Niederschläge, Frost) durchgeführt, liegen gegebenenfalls veränderte, ungünstigere geologische und hydrogeologische Verhältnisse vor. Diese können zusätzliche Maßnahmen erfordern, welche mit dem zuständigen Baugrundgutachter abzustimmen sind.

Alle geplanten Maßnahmen sollten mit den Betreibern der Hochwasserschutzanlage, der Uniper Kraftwerke GmbH, abgestimmt werden.

6. Schlussbemerkung

Insbesondere unter Berücksichtigung der geologischen Gesamtsituation ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den realisierten Erkundungen um punktuelle Aufschlüsse handelt, weshalb Abweichungen von der erkundeten Bodenschichtung möglich sind. Nach DIN 4020 Abschnitt 4.2 gilt: „Aufschlüsse in Boden und Fels sind als Stichprobe zu bewerten. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur



Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt.“ Sollten beim Erdaushub abweichende Bodenverhältnisse festgestellt werden oder Unsicherheiten bezüglich der angetroffenen Baugrundböden auftreten, ist der zuständige Gutachter vor dem Fortgang der Arbeiten zu informieren. Werden Abweichungen beim Baugrubenaushub festgestellt, kann das Änderungen für die Standsicherheitsberechnung der Böschung zur Folge haben.

Das baugrundtechnische Gutachten basiert auf den zum Zeitpunkt der Bearbeitung bereitgestellten Unterlagen (November 2018). Ergeben sich in der weiteren Planungsphase Änderungen, so sind vom zuständigen Gutachter zusätzliche Empfehlungen einzuholen bzw. sind die Angaben zu überprüfen.

Das Gutachten ist nur in Verbindung mit den vorliegenden Planunterlagen, dem Geotechnischen Bericht zur Baugrunderkundung (Buchholz + Partner GmbH, Projekt-Nr.: L14/II-95.62 vom 12.05.2015) sowie in seiner Gesamtheit gültig (8 Seiten, 4 Anlagen).

7. Quellenverzeichnis

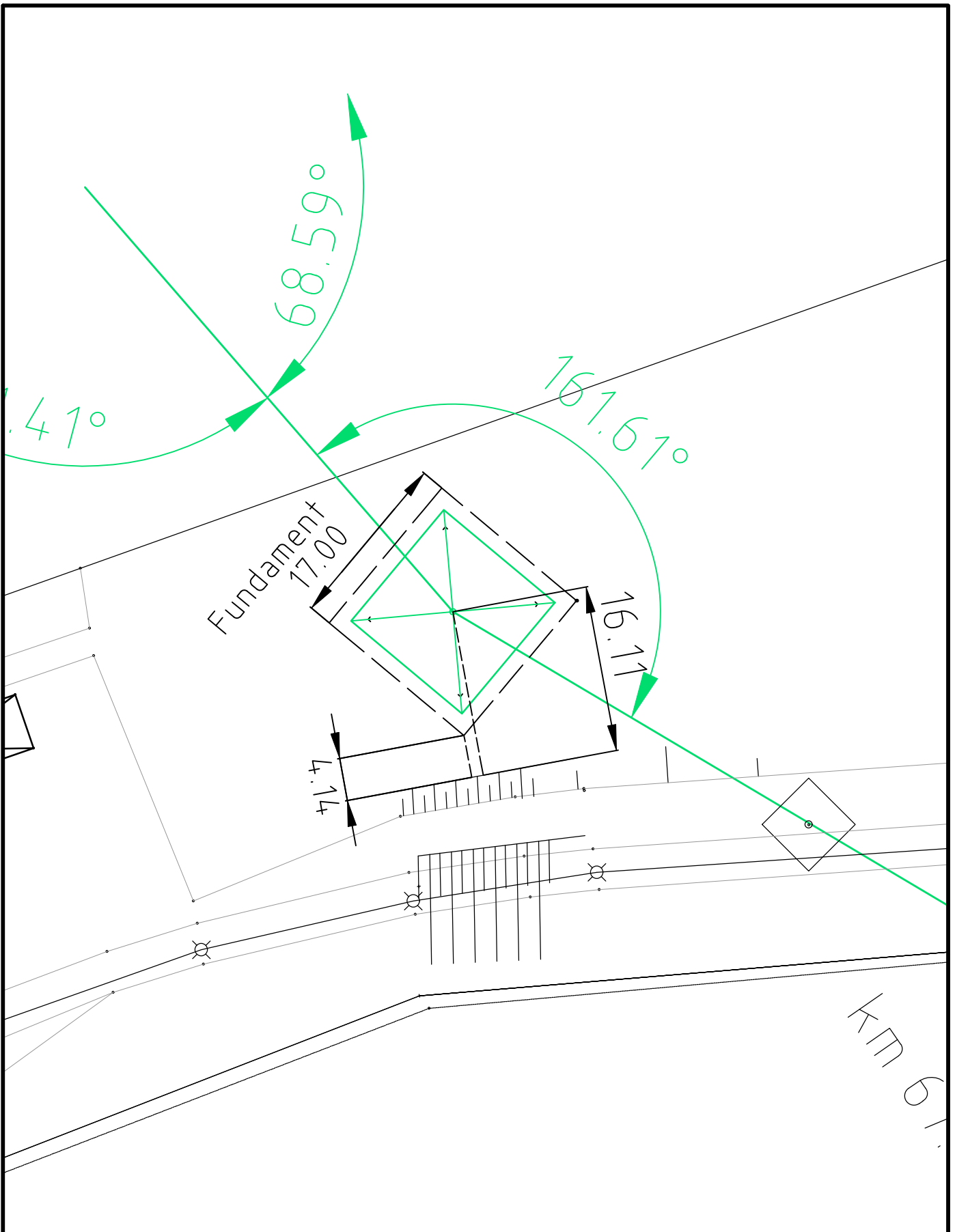
1. TenneT TSO GmbH: 380-kV-Leitung Altheim – Matzenhof, Teilabschnitt 1: 380-kV-Leitung Altheim – Adlkofen B151, Maststandortskizze Mast 1; 11/2018
2. SPIE SAG GmbH: Laserdatensatz als Punktwolke für den Bereich um Mast 1
3. Bayerisches Landesamt für Umwelt: GeoFachdatenAtlas (BIS-BY), Bohrdatenarchiv (Zugriff am 29.10.2018)
4. Bayerisches Landesamt für Umwelt: Geologische Übersichtskarte 1:25.000, Blatt 7439 Landshut Ost, München 1970
5. Buchholz+Partner GmbH: Geotechnischer Bericht; L14/II-95.62; Radefeld 05/2015
6. DIN- Taschenbuch 75: Erdarbeiten, Verbauarbeiten, Ramm- und Einpressarbeiten; Berlin-Wien- Zürich 2003
7. Witt, K.J. (Hrsg.): Grundbau- Taschenbuch, Teil 1: Geotechnische Grundlagen, Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke; Berlin 2008
8. DGGT e.V.: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB; Berlin 2013
9. Schuppener, B.: Kommentar zum Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung; Berlin 2011



Anlage 1

Maststandortskizze – TenneT TSO GmbH

(1 Seite)



KTM 91

Technische Referenz	Erstellt durch Deindl 	Genehmigt von	Änd.	Ausgabedatum 05.11.2018 Erstelldatum	Dokumentenstatus Planung	Zählteil Blatt
	Objektname 380-kV-Leitung Altheim - Matzenhof, Teilabschnitt 1: 380-kV Ltg. Altheim - Adlkofen B151					
	Klassifikation - Dokumentenart -					Maßstab 1:500
Ident-Nr.	Titel Maststandortskizze Mast 1					

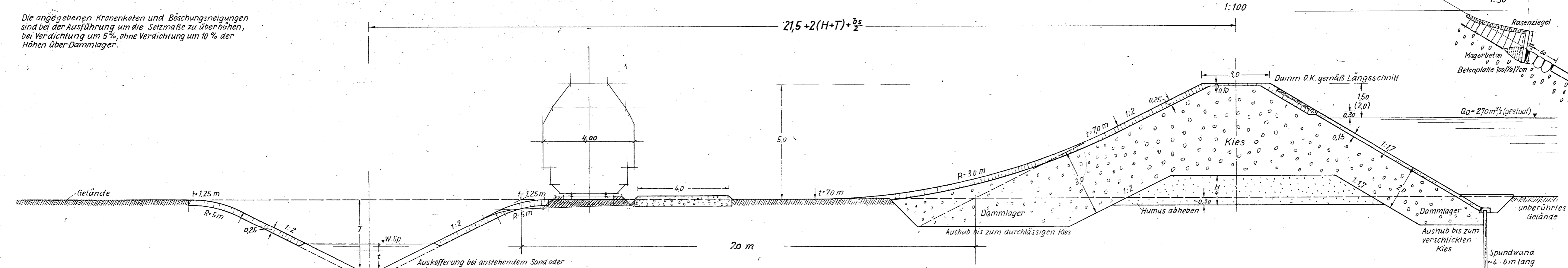
Anlage 2

Regelquerschnitt Staudamm und Hochwasserdamm,
Längsschnitt li. Hochwasserdamm
Km 5,637 – 6,467 – Uniper Kraftwerke GmbH

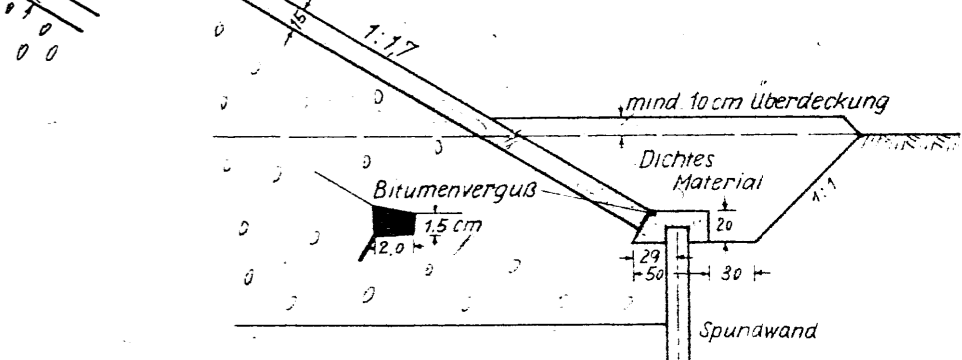
(2 Seiten)

Die angegebenen Kronenkoten und Böschungsneigungen sind bei der Ausführung um die Setzmaße zu überhöhen, bei Verdichtung um 5%, ohne Verdichtung um 10% der Höhen über Dammlager.

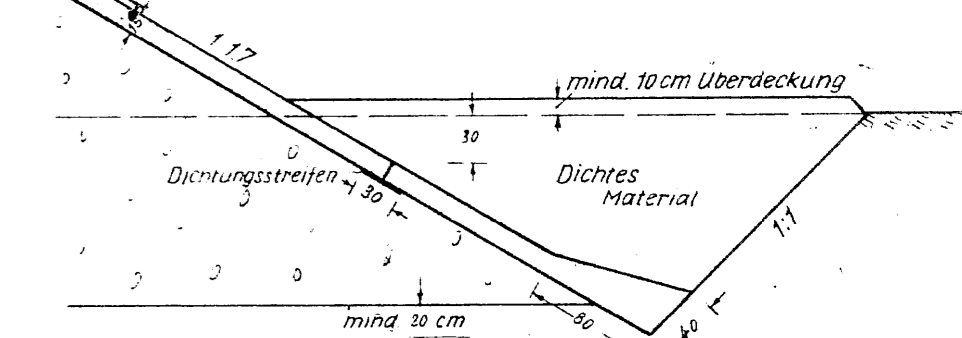
Staudamm- Regelquerschnitt
1:100



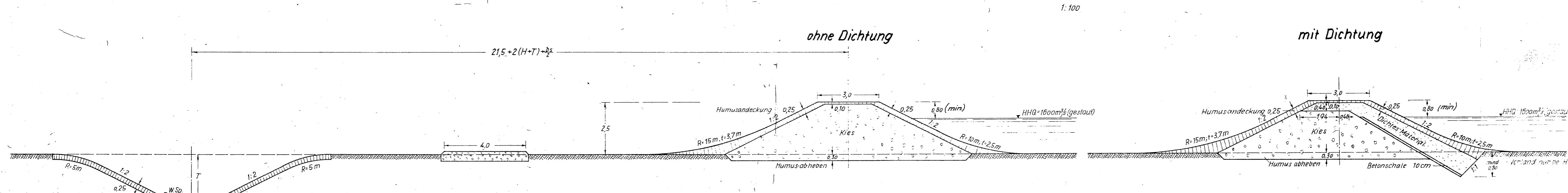
Böschungsfuß mit Spundwand-schürze
1:50



Böschungsfuß ohne Spundwand-schürze
1:50



Hochwasserdamm- Regelquerschnitt
1:100



Zum Antrag vom 24. März 1948 gehörig.

Wasserrechtliches Verfahren
Projekt für den Ausbau der Unteren Jsar
Staustrufen
Altheim u. Niederaichbach

Bayernwerk A.G. A 51. BA 1 Nr. B3 1C 2 a	
Betreif:	Regelquerschnitte Staustrufe Haltung 2 u. 3 Hochwasserdämme (Haltung 2)
Entw.:	H. Scholl
Abt. Vorst.:	H. A. Riefing
Plankataster:	B 2
Masstab:	1:100 1:50
Ersatz für:	
Verland nur bei H.W. benutzt	

eingesamt am
10. Juli 1913
ausgeführt

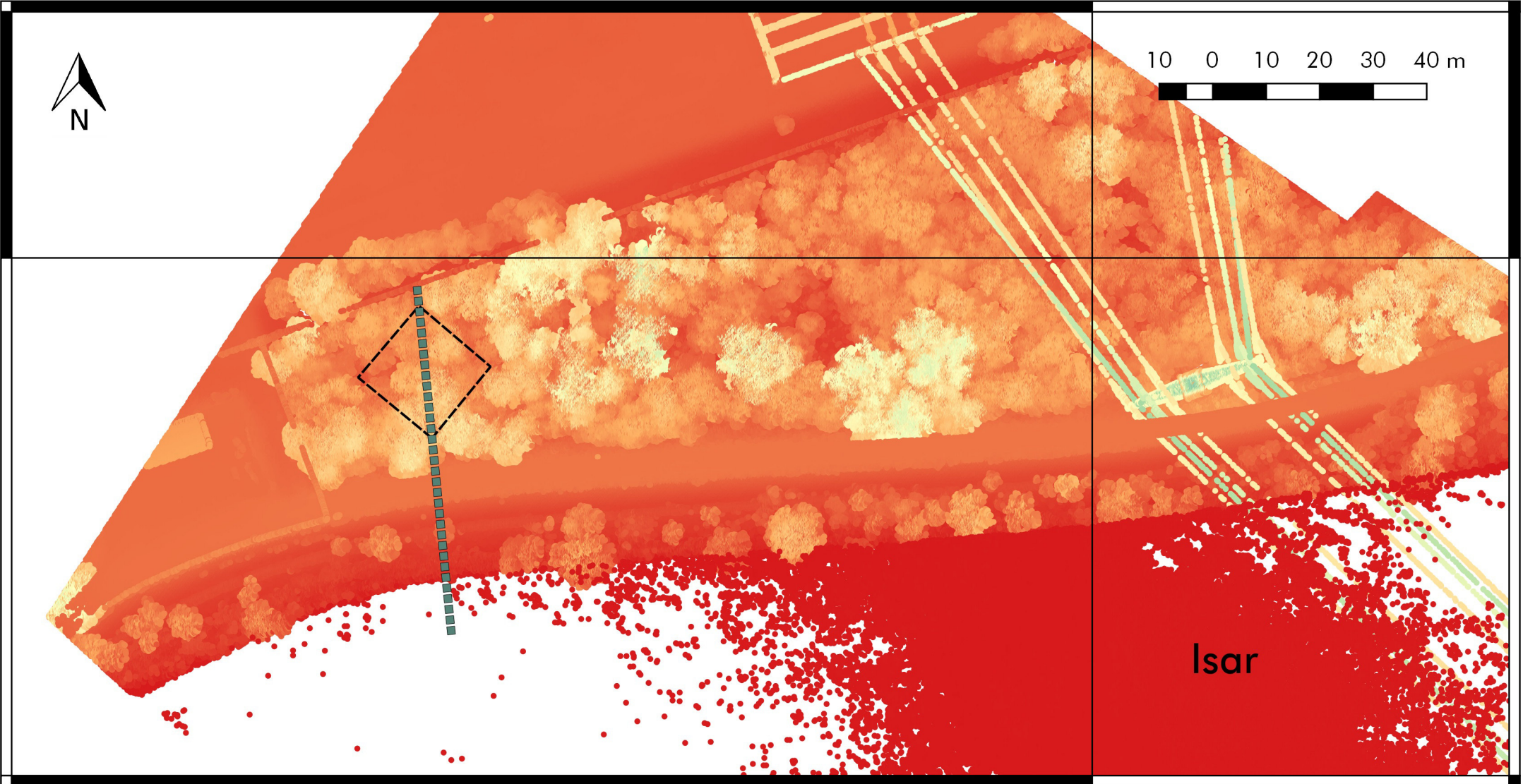
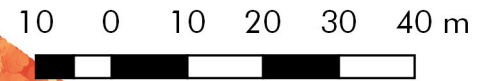
Anlage 3

Lageplan mit Laserscanningdaten und Profillinie

(1 Seite)

4516500

5383000



Legende

- Höhenangabe in m ü. NHN
- 375
 - 380
 - 385
 - 390
 - 395
 - 400
 - 405
 - 410
 - 415
 - ▭ Baugrube Mast 1
 - ▬▬▬ Profillinie

Datengrundlage

EPSG: 31468	Bezeichnung	Datenquelle
Karten- grundlage	Laserscanningdaten als Punktwolke	SPIE SAG GmbH
Karteninhalt	Baugrube	TenneT TSO GmbH
Karteninhalt	Profillinie	Buchholz + Partner GmbH

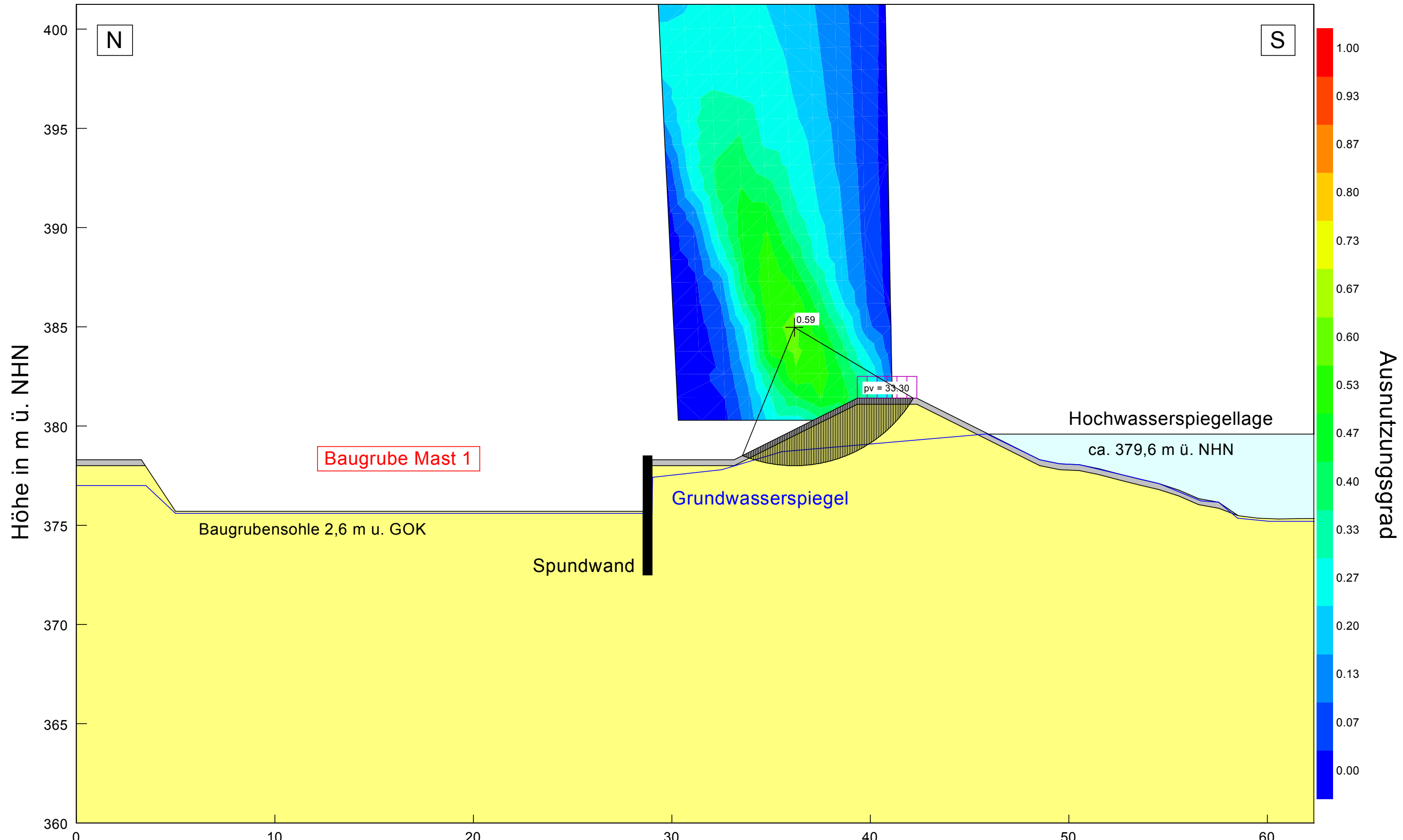
4516500

Objekt:	380-kV-Ltg. Altheim - Adlkofen B 151				Version:
Darstellung:	Lageplan mit Laserscanningdaten und der Profillinie				1.0
Auftraggeber:	Bearb.:	Auftr.-Nr.:	Datum:	Anlagen-Nr.:	
TenneT TSO GmbH	Scholz	L18/II 315.197	12/2018	3	
Am Oberen Anger 9 04435 Schkeuditz info@buchholz-und-partner.de www.buchholz-und-partner.de					

Anlage 4

Böschungsbruchberechnung

(1 Seite)



Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.59$
 $x_m = 36.18 \text{ m}$ $y_m = 384.97 \text{ m}$
 $R = 6.97 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
■	40.00	100.00	30.00	Oberboden
■	32.50	0.00	11.00	Terrassenkiese, mitteldicht

Objekt:	380-kV-Ltg. Altheim - Adlkofen B 151			
Darstellung:	Böschungsbruchberechnung für den Bauzustand			Version: 1.0
Auftraggeber:	Bearb.:	Aufr.-Nr.:	Datum:	Anlagen-Nr.:
TenneT TSO GmbH	Scholz	L18/II 315.197	12/2018	4
Am Oberen Anger 9 04435 Schkeuditz info@buchholz-und-partner.de www.buchholz-und-partner.de		BUCHHOLZ + PARTNER		