35. Oldenburger Rohrleitungsforum
27. Januar 2022, Oldenburg

Herstellung und Einbau von Bettungsmaterial aus vorhandenen Böden

Dr.-Ing. Norbert Markwardt

Dr.-Ing. Steffen Trinks

Teil 1

Bau: Seiten 3 – 11

Planung: Seiten 12 – 16

Teil 2

Betrieb: Seiten 17 – 22

Teil 1, Bau

Herstellung und Einbau des Bettungsmaterials:

1. Wiedereinbau vorhandener Böden
2. Mischen von Böden
3. Bodenaustausch

Bild 1: Verlegung der Schutzrohre, Einbau des Bettungsmaterials, Einbau der Kabelschutzabdeckung und Ausrollen der Kabelwarnbänder

Teil 1, Bau

Maßgebliche Einflussgrößen des Bettungsmaterials auf die Wärmeleitfähigkeit WLF

Körnung (T/U/S/G): DIN/ISO 11277

Wassergehalte: PWP und FK (s. Seite 7)

DIN/ISO 11274

Trockenrohdichte: TRD DIN/ISO 11272

Bild 2: Messung der Wärmeleitfähigkeit (Nadelsensor), Entnahme eines Stechzylinders und einer Bodenprobe zur Bestimmung der Trockenrohdichte, des Wassergehalts, der Körnung und der Wärmeleitfähigkeit im Labor

Teil 1, Bau

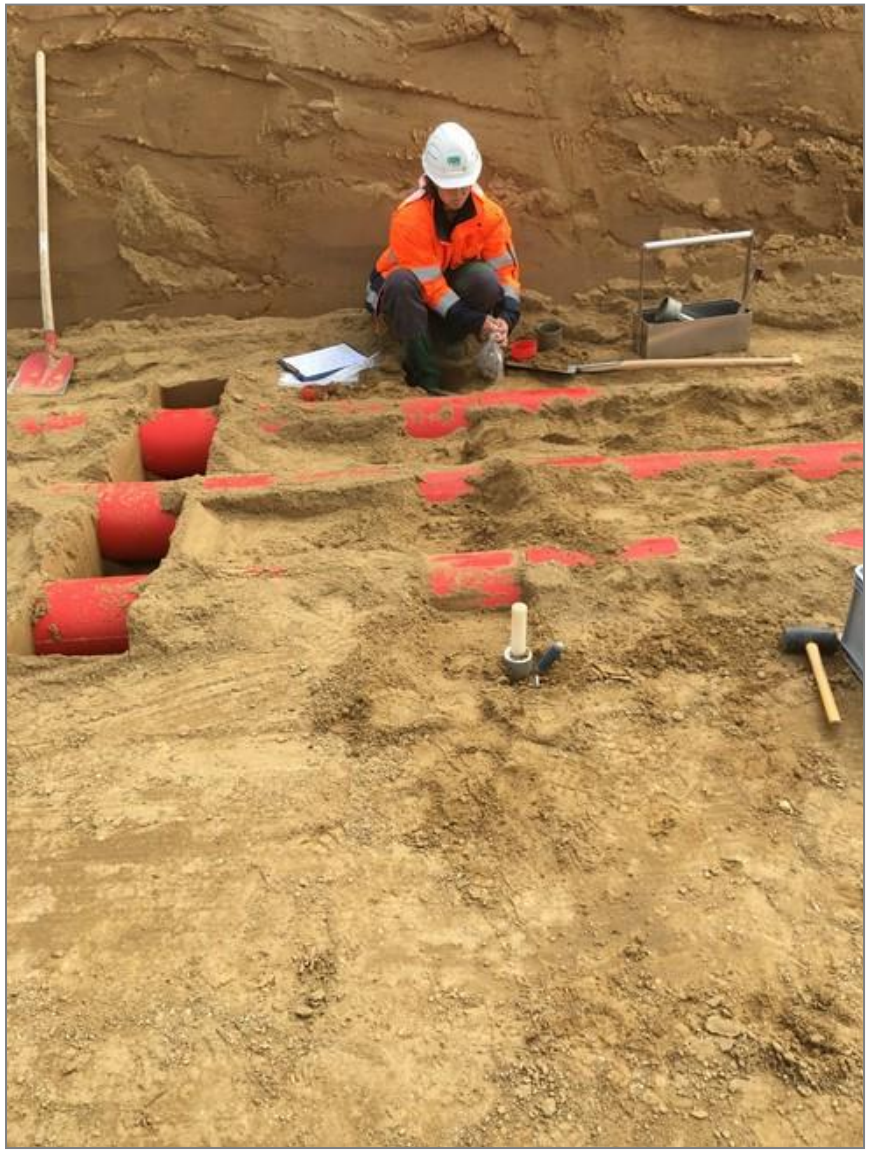


Bild 3: Probenentnahme aus dem eingebauten Bettungsmaterial zwischen und neben den Schutzrohren durch EÜ und FÜ

Teil 1, Bau

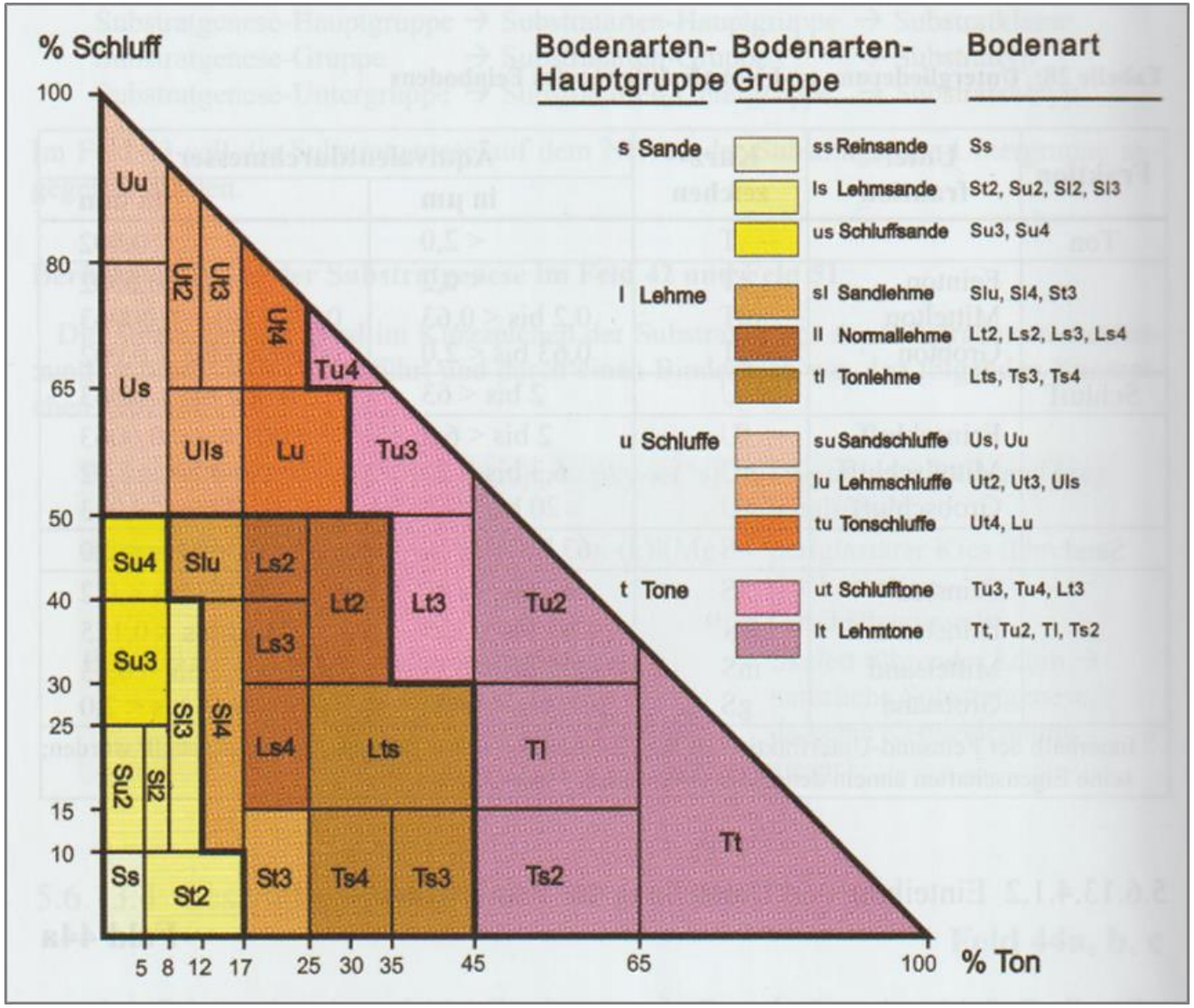


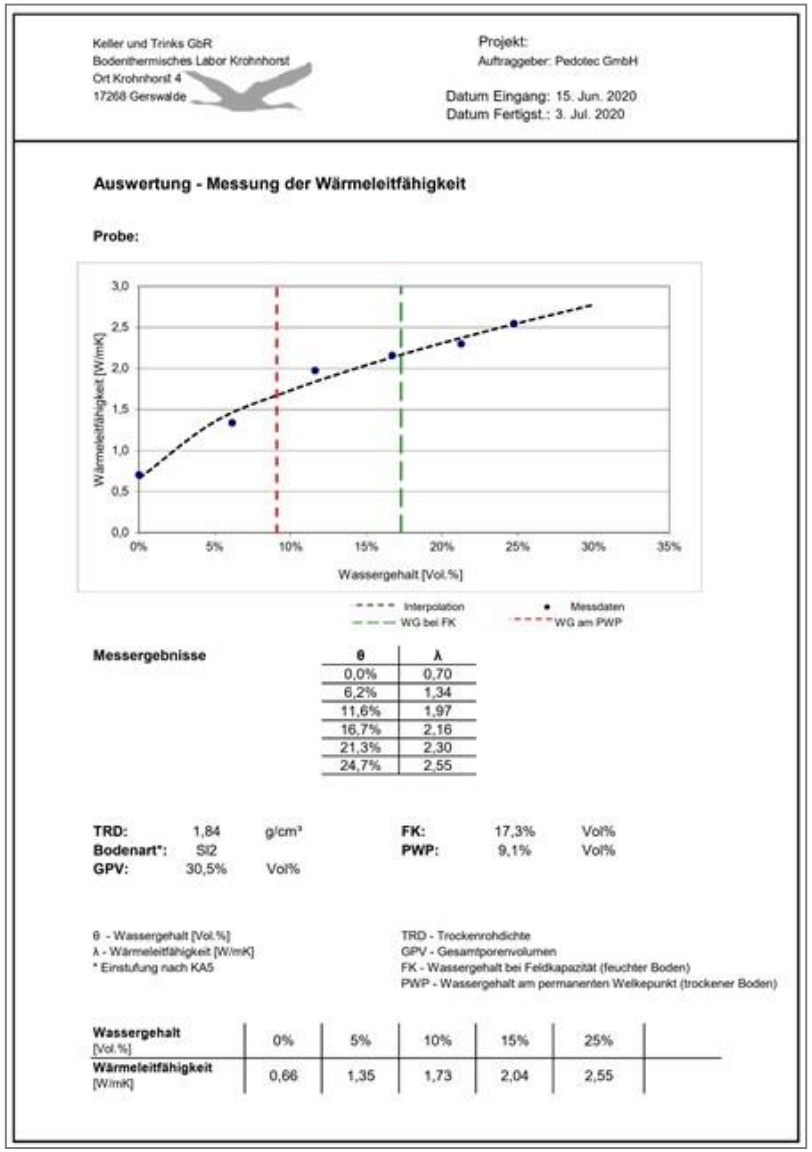
Bild 4: Feinbodenartendiagramm der Bodenkundlichen Kartieranleitung 2005 (KA5)

Teil 1, Bau

- Der **permanente Welkepunkt PWP** ist gemäß KA5 der Wassergehalt eines Bodens, bei dem landwirtschaftliche Kulturen irreversibel welken. Dieser Wassergehalt kennzeichnet also einen Boden bzw. ein Bettungsmaterial in einem sehr trockenen Zustand. Unter Berücksichtigung der **Trockenrohdichte** (g/cm^3) – nachfolgend auch **TRD** genannt – wird der Wassergehalt in Vol% angeben.

- Die **Feldkapazität FK** ist gemäß KA5 der Wassergehalt eines Bodens, den dieser entgegen der Schwerkraft durch die Bindungskräfte halten kann. Dieser Wassergehalt kennzeichnet also einen Boden bzw. in diesem Fall das Bettungsmaterial in einem feuchten Zustand.

Teil 1, Bau



Keller und Trinks GbR
Bodenthermisches Labor Krohnhorst
Ort Krohnhorst 4
17268 Gerswalde

Projekt:
Auftraggeber: Pedotec GmbH

Datum Eingang: 15. Jun. 2020
Datum Fertigst.: 3. Jul. 2020

Auswertung - Messung der Wärmeleitfähigkeit

Probe:

Messergebnisse

θ	λ
0,0%	0,70
6,2%	1,34
11,6%	1,97
16,7%	2,16
21,3%	2,30
24,7%	2,55

TRD:	1,84	g/cm³	**FK:**	17,3%	Vol%
Bodenart*:	Sl2		**PWP:**	9,1%	Vol%
GPV:	30,5%	Vol%			

θ - Wassergehalt [Vol.%]
λ - Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
* Einstufung nach KA5

TRD - Trockenrohdichte
GPV - Gesamtporenvolumen
FK - Wassergehalt bei Feldkapazität (feuchter Boden)
PWP - Wassergehalt am permanenten Welkepunkt (trockener Boden)

Wassergehalt [Vol.%]	0%	5%	10%	15%	25%
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	0,66	1,35	1,73	2,04	2,55

Ausschnitt

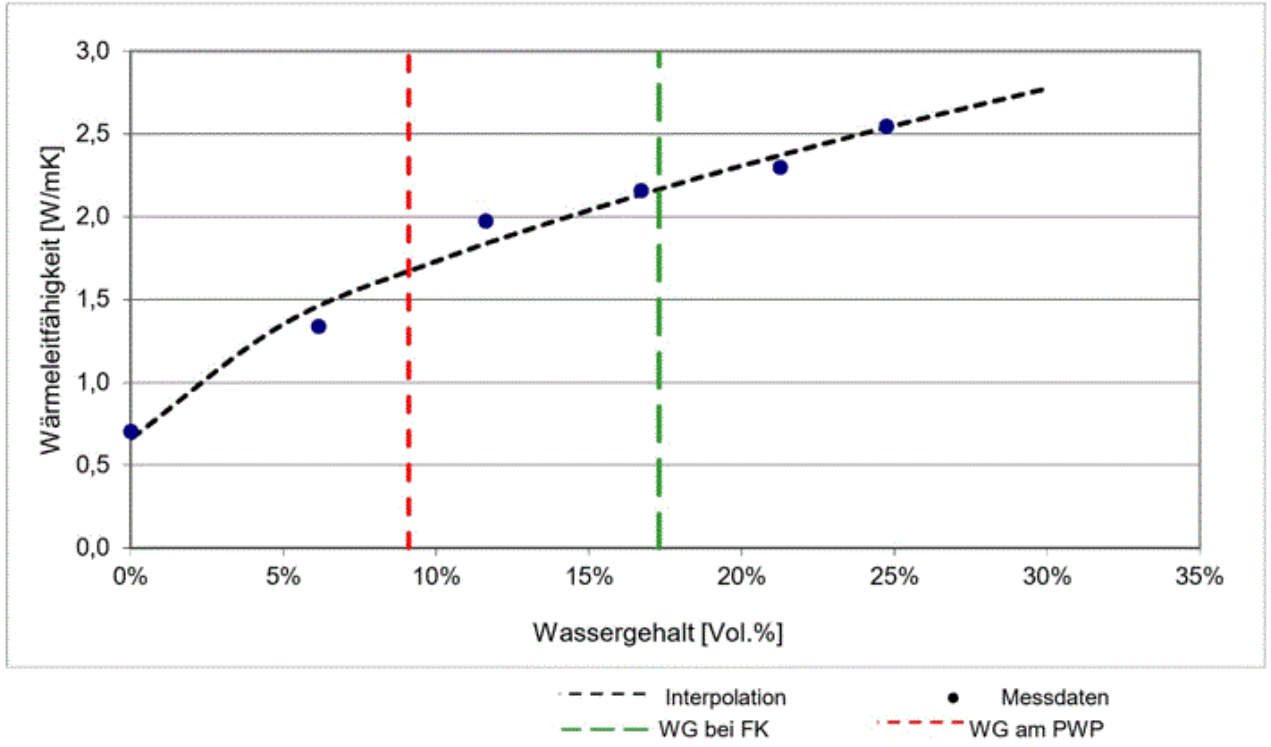


Bild 5: Messergebnisse Wärmeleitfähigkeit. Rot markiert sind die Wärmeleitfähigkeiten bei den o.g. Werten des PWP und grün markiert die Werte bei der FK.

Teil 1, Bau

Bild 6: Hergestelltes Bettungsmaterial; im Hintergrund abgetrenntes Überkorn

Bild 7: Abgetrenntes Überkorn bei der Herstellung des Bettungsmaterials

Teil 1, Bau

Bild 8: Lehmschicht aus einer nahegelegenen Sandgrube, aus der Bettungsmaterial gewonnen werden konnte

Teil 1, Bau

auch Bezug zu:
Planung und Betrieb

Hinweis:

Optimierung der Strombelastbarkeit!!!

Bild 9: Bodenkundliche Bauüberwachung der 110 kV Trasse ‚Oderland' der E.DIS Netz GmbH (Länge 36 km)

Teil 1, Planung

Das Cable Earth Verfahren: Modellieren - Messen - Bewerten

In der Modellierung

wird berücksichtigt:

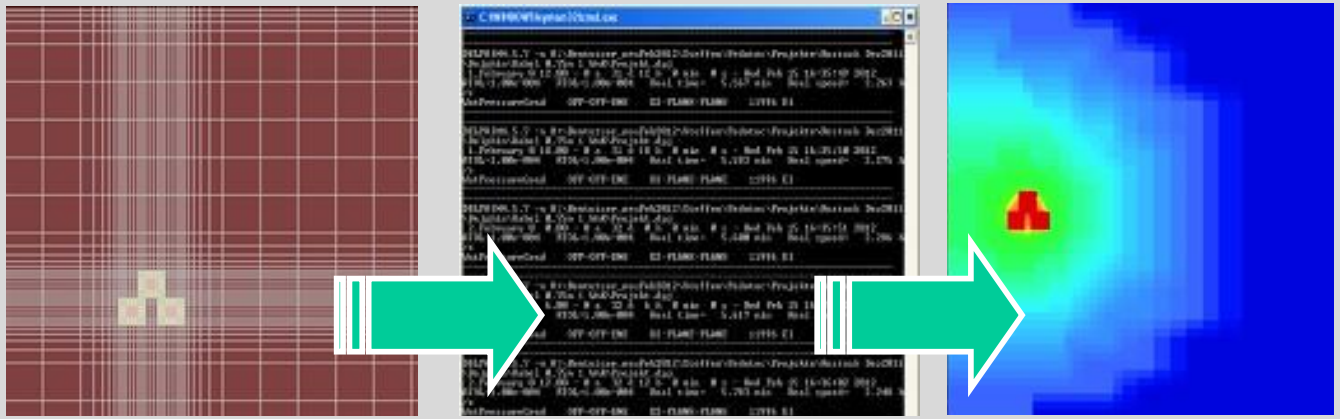
- Bodeneigenschaften (insb. Bettungsmaterial)
- Stromlastgang (volatile oder Dauerlast)
- Trassengeometrie
- Standortverhältnisse
- Klimabedingungen

wird berechnet:

- Kabeltemperaturen
- Bodentemperatur
- Bodenaustrocknung

Prinzip des numerischen Simulationsverfahrens:

2 D - Modell | Simulation | Ergebnisse



Teil 1, Planung

EEG-HS-Kabel-Netzkonzepte der E.DIS Netz GmbH

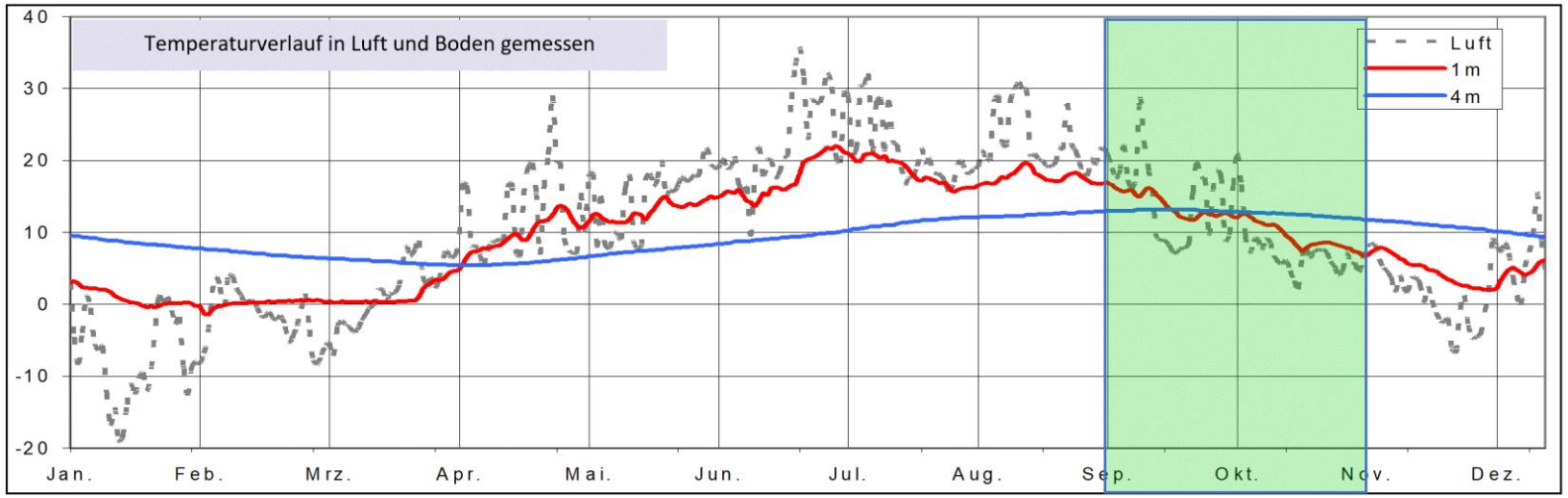
- Ziel ist es, EEG-Leistung in das Kabelnetz (n-0)-sicher einzubinden, Direktanschlüsse an NVP zu ermöglichen sowie EEG-Potentiale auf das neue „Kabelnetz“ zu konzentrieren
- **die Haupttrassen werden für 400 MVA Übertragungsleistung ausgelegt,**
- als „worst-case“ wird der **100% Windlastgang** angenommen,
- die Verlegung der Kabelsysteme NA2XS2Y 3 x 1 x 2.500mm² erfolgt im Leerrohr,

- Kabelhersteller Garantie:
  EVU-Last, f = 1 (Erde) m = 1,0 Imax → 1.236 A (NKT)
- E.DIS-Ansatz:
  → individuelle Auslegung für die zu erwartende maximale EEG-Last
  → 170% Imax (2.100 A → 400 MVA); $S = U \times I \times \sqrt{3}$; $P \approx I^2$

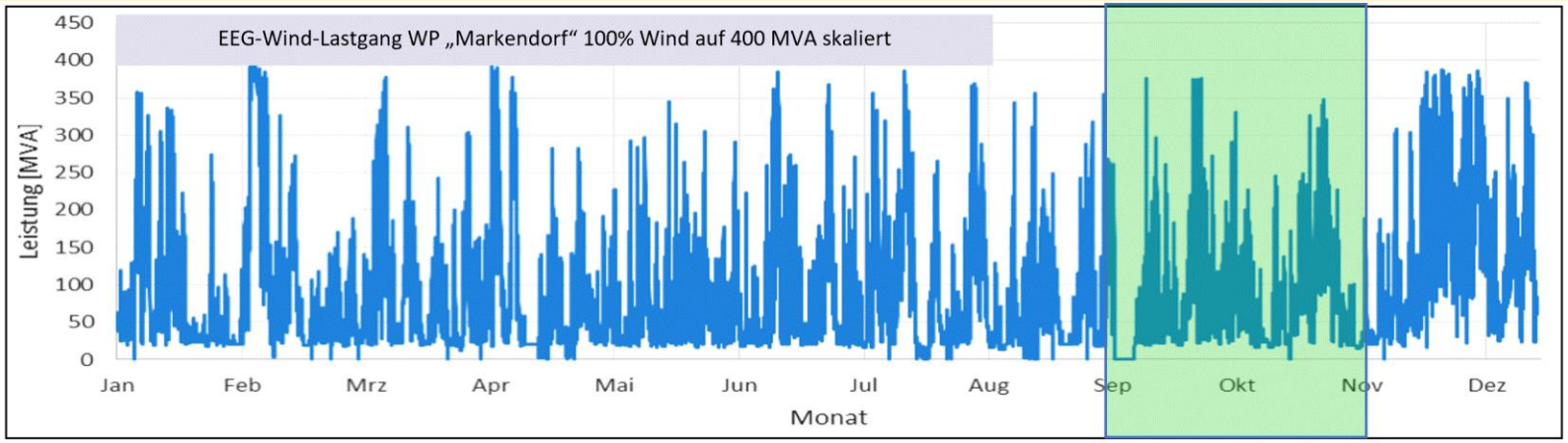
e.dis

Teil 1, Planung

Randbedingungen des Temperaturmodells



- Lufttemperatur
- in 4 m Tiefe
- in 1 m Tiefe
  Potsdam 1987



Neben der Strombelastung übt die Temperatur des Erdbodens einen deutlichen Einfluss auf die Leitertemperatur aus, die höchsten Temperaturen treten im Herbst auf, wenn hohe Windlasten vorliegen und der Boden noch warm ist.

Bild 10: Berechnungsgrundlage für Wärmeverluste der HS-Kabel

e.dis

Teil 1, Planung

Ca. 72 h 100% Pmax EEG Wind-Auslastung, kommend aus 50 % Vorbelastung, danach wieder absinkend auf 50% Pmax EEG (Bsp. höchste Starkwindphase)

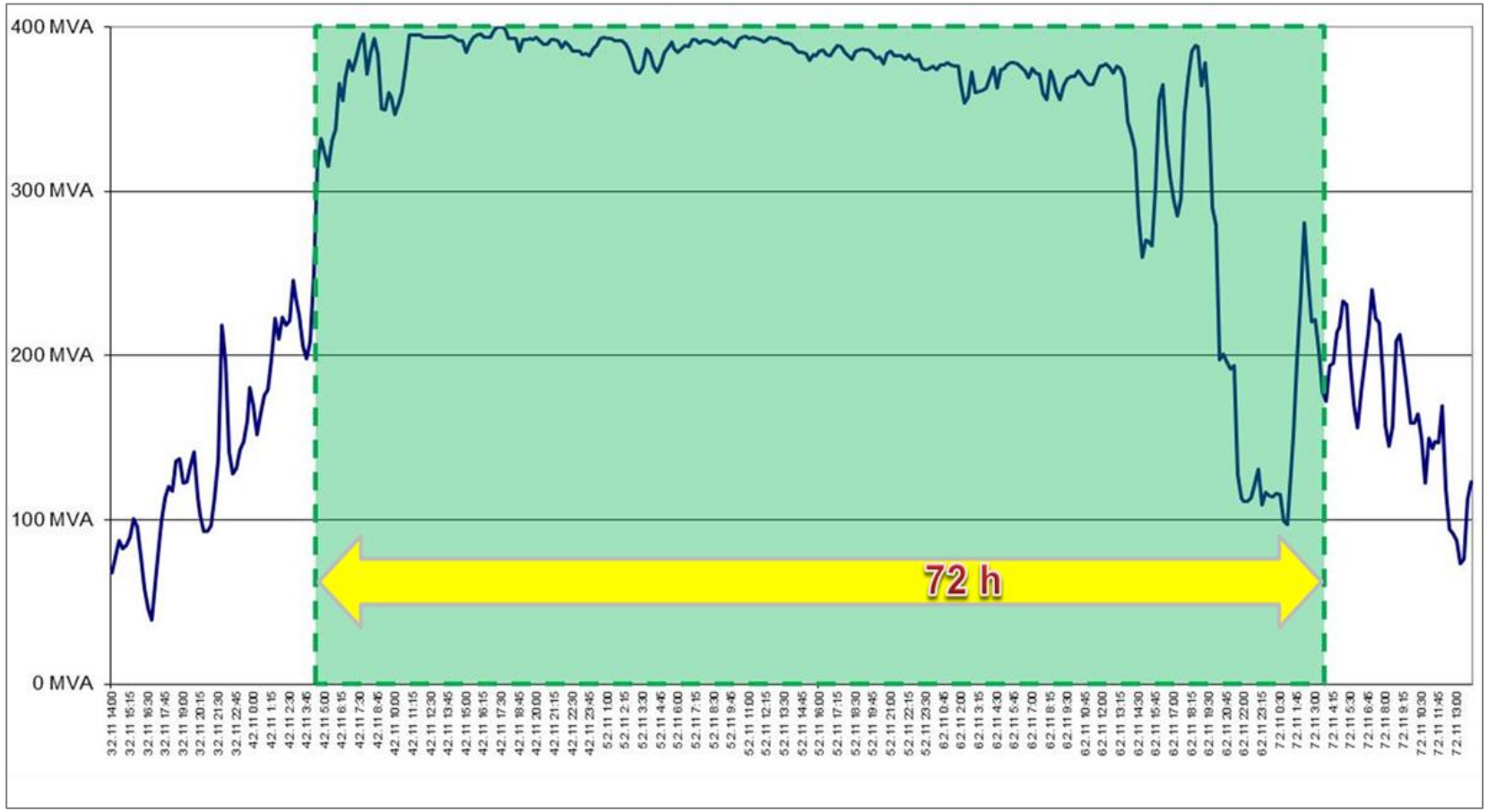


Bild 11: Lastprofil EEG Wind „IST“ WP auf 400 MVA skaliert (72 h)

e.dis

Teil 1, Planung

Leitertemperaturverlauf 400 MVA EEG-Wind vs. Volllast

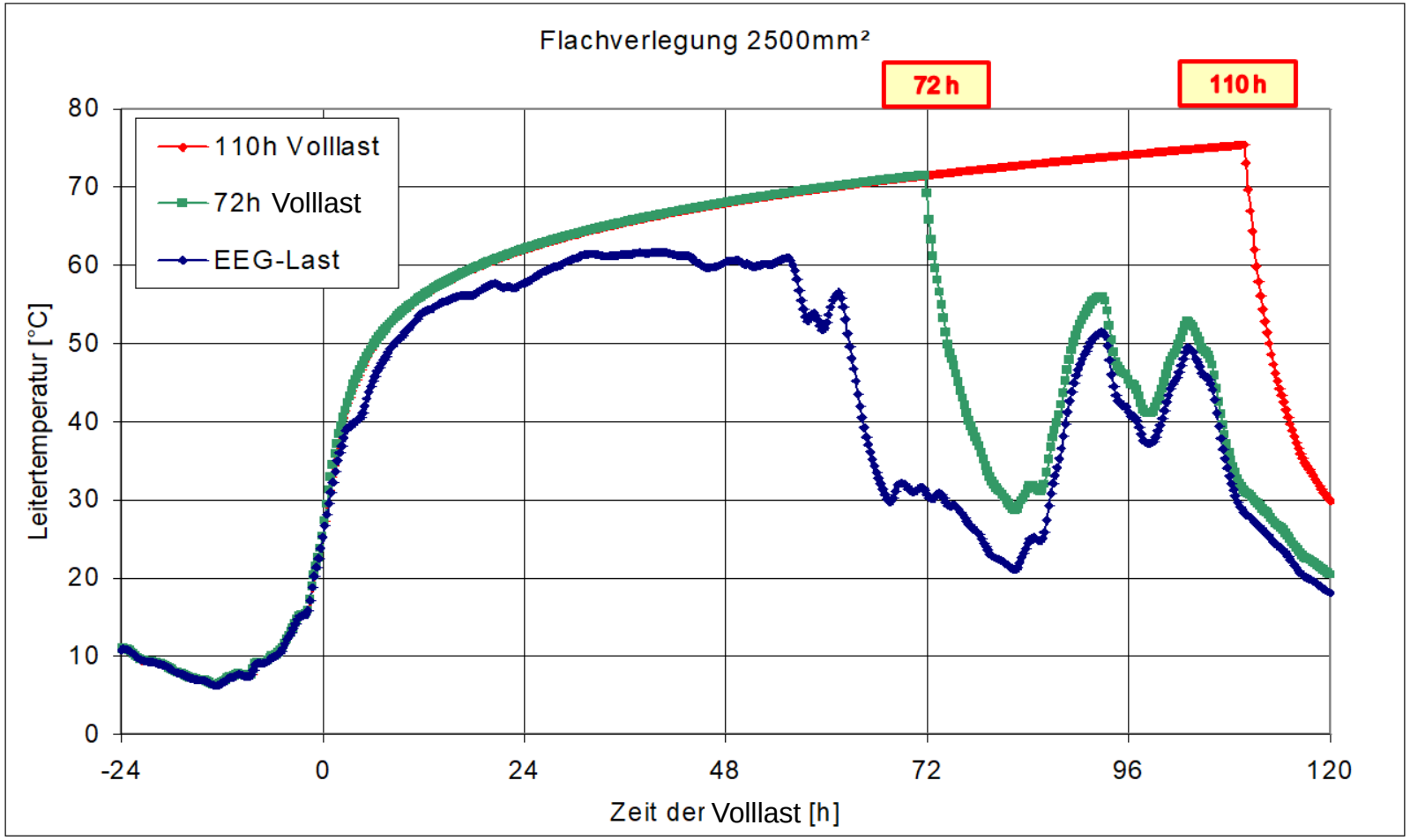


Bild 12: Leitertemperaturverlauf

e.dis

Teil 2, Betrieb

Kurzerläuterung zum Temperatur-Monitoring der Trasse Oderland

- Das Monitoring-System (Lichtwellenleiter LWL) wurde von der Fa. OSSCAD GmbH & Co.KG aus Bergisch Gladbach installiert.
- Es arbeitet mit einer örtlichen Auflösung von 2m und einer Temperaturgenauigkeit (1 Sigma) < 2K über die gesamte Faserlänge (ca. 46 km). Die Messzeit pro LWL-Faser (=Leiter-Phase) beträgt 5 min.
- Es erfolgt eine Aktualisierung aller Messwerte im 15-min-Zyklus.
- Das Datenvolumen der Archivierung beträgt ca. 82 GB (82.000 MB) pro Jahr.

Teil 2, Betrieb

Jahr:
2021

Messstelle bei km: **34.80**

km:
34.8

Kabeltemperaturen:

L1 | L2 | L3

Mittelwerte | Mediane | Maximalwerte

Mantel | Schutzrohr

Stromdaten:

Strom L1 | Strom L2 | Strom L3

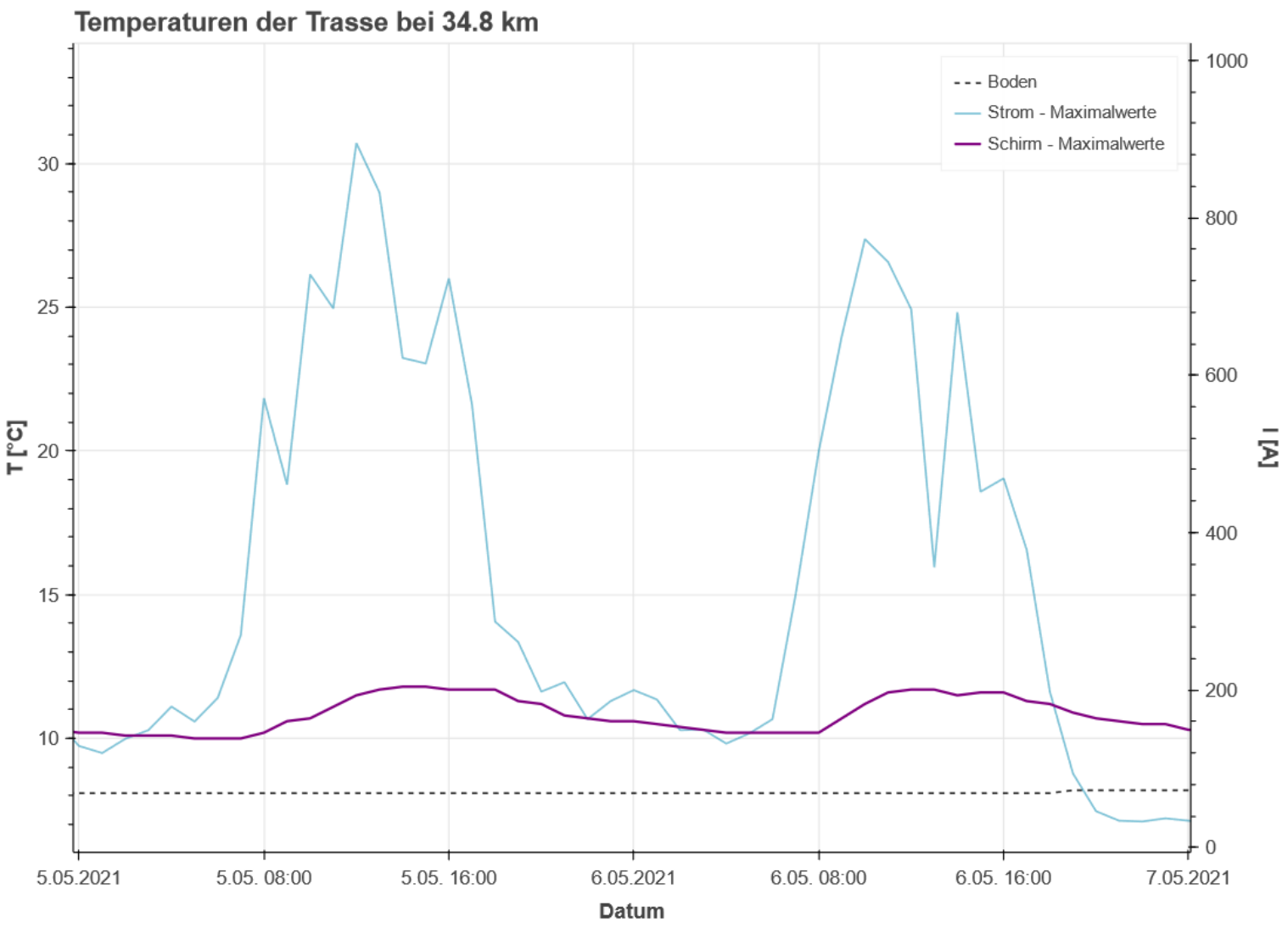
Strom Mittelwerte | Strom Maximalwerte

Klimadaten:

Bodentemperatur | Globalstrahlung | Diffusstrahlung

Verlegung:

Muffengrube | offene Bauweise | HDD



Teil 2, Betrieb

Messung in stündlicher Auflösung: **2988**

Zeitstempel:

05.05.2021 12:00

Kabeltemperaturen:

L1 | L2 | L3

Mittelwerte | Mediane | Maximalwerte

Mantel | Schutzrohr

Stromdaten:

Strom L1 | Strom L2 | Strom L3

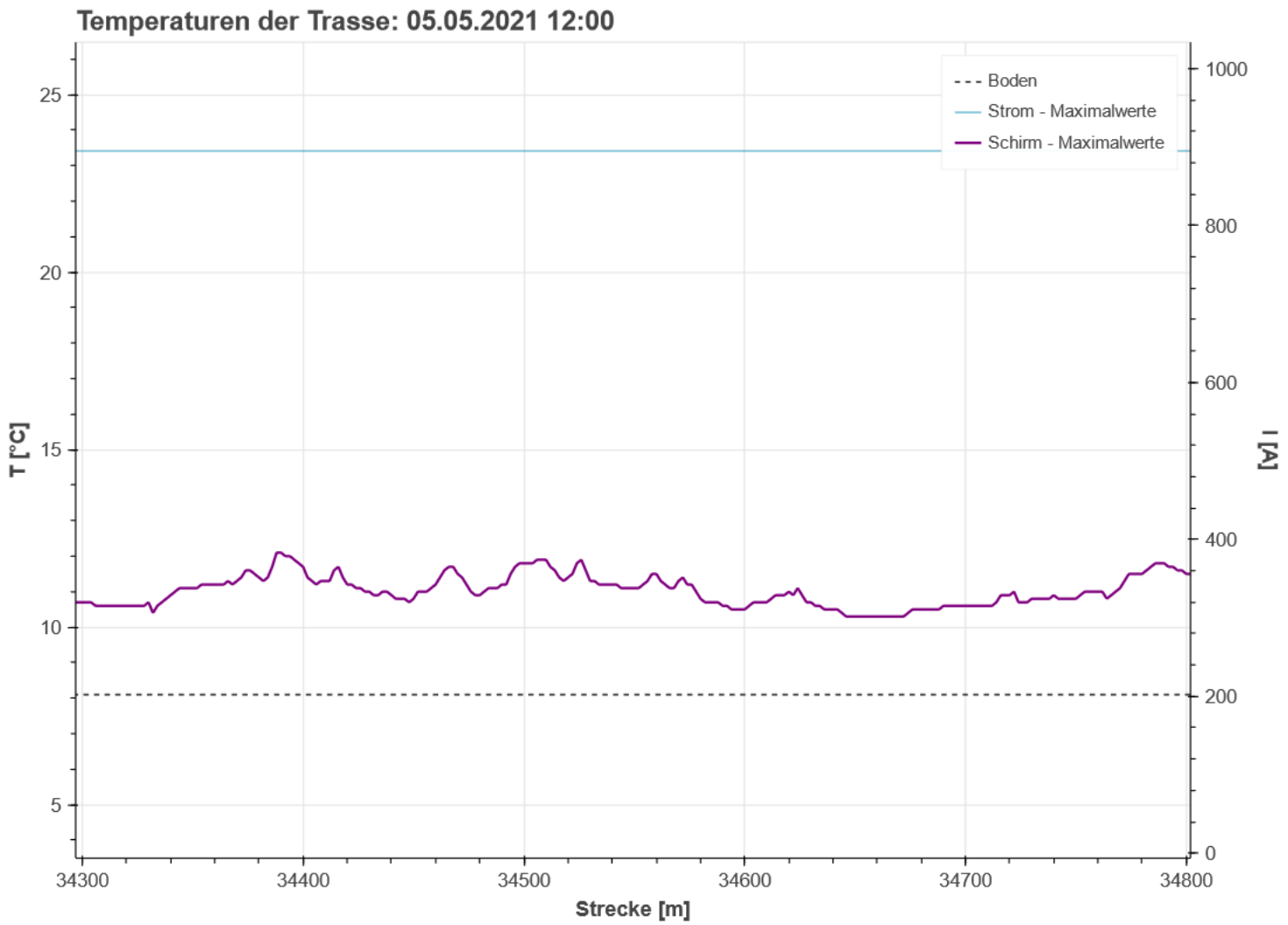
Strom Mittelwerte | Strom Maximalwerte

Klimadaten:

Bodentemperatur | Globalstrahlung | Diffusstrahlung

Verlegung:

Muffengrube | offene Bauweise | HDD



Teil 2, Betrieb

Welche Informationen stehen für eine Bewertung der gemessenen Kabeltemperaturen bei der aktuellen Stromlast und für eine zuverlässige Berechnung/Prognose mit dem Cable Earth Modell bei zukünftig deutlich höheren Stromlasten für die ca. 36 km lange Trasse zur Verfügung?

1. Bereiche für die OBW (Graben), HDD und Muffen
2. Verlegeebene der Kabel (im Grundwasser oder oberhalb)
3. ca. 50 Probenentnahmepunkte (Bettungsmaterial; angelieferter bzw. wieder eingebauter Boden)
4. Böden oberhalb des Bettungsmaterials
5. Vegetation (landwirtschaftliche Nutzung, Wald)

Fazit

- Zitat des Gesamtprojektleiters eines Stromnetzbetreibers:

„Wenn wir uns bei der Planung und dem Bau der Kabeltrassen etwas mehr Gedanken machen um die Herstellung und den Einbau des Bettungsmaterials, dann kann ja viel mehr Strom durch unsere Kabel fließen.“

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.pedotec.de