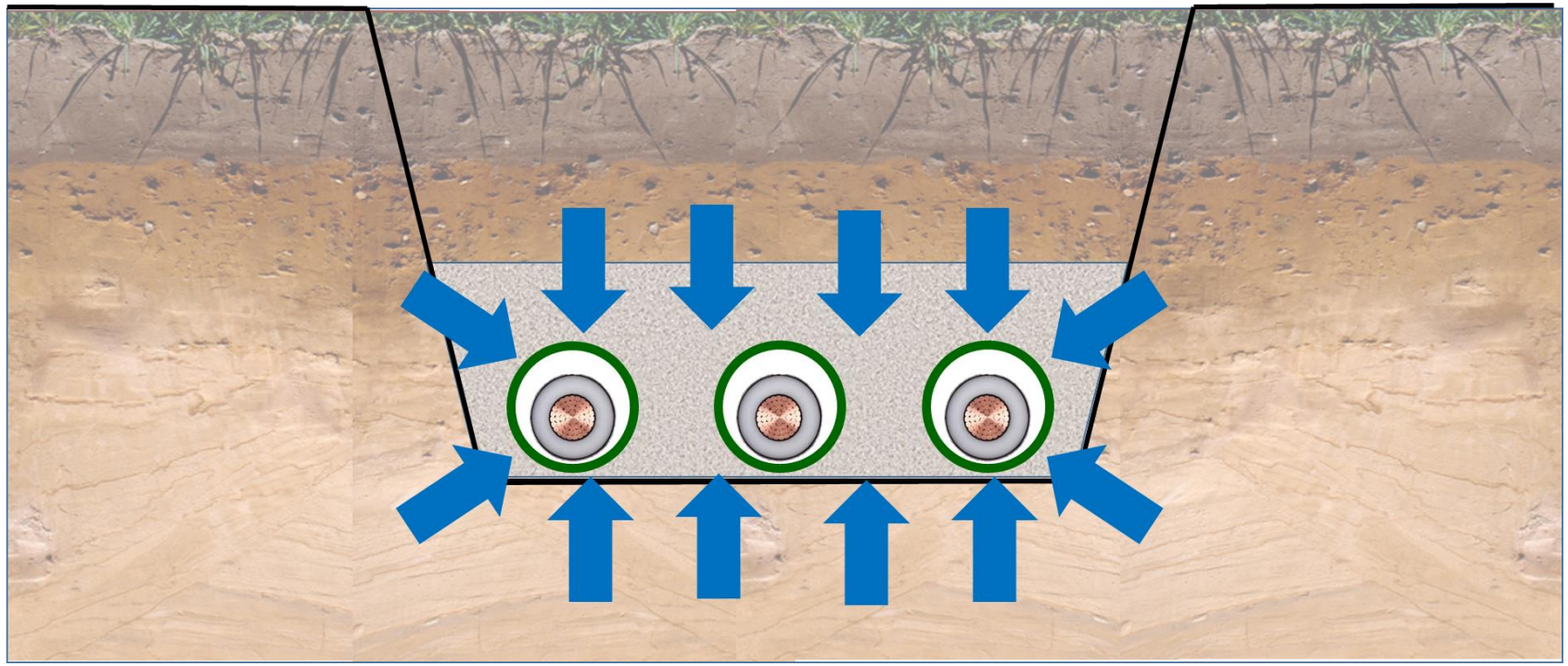
Erhöhung der Strombelastbarkeit von Kabelanlagen durch die Berücksichtigung der Wechselwirkung Boden – Kabel

Norbert Markwardt, Dr.-Ing. pedotec GmbH
Steffen Trinks, Dr.-Ing. TU Berlin
Gerd Wessolek, Prof. Dr. Berlin

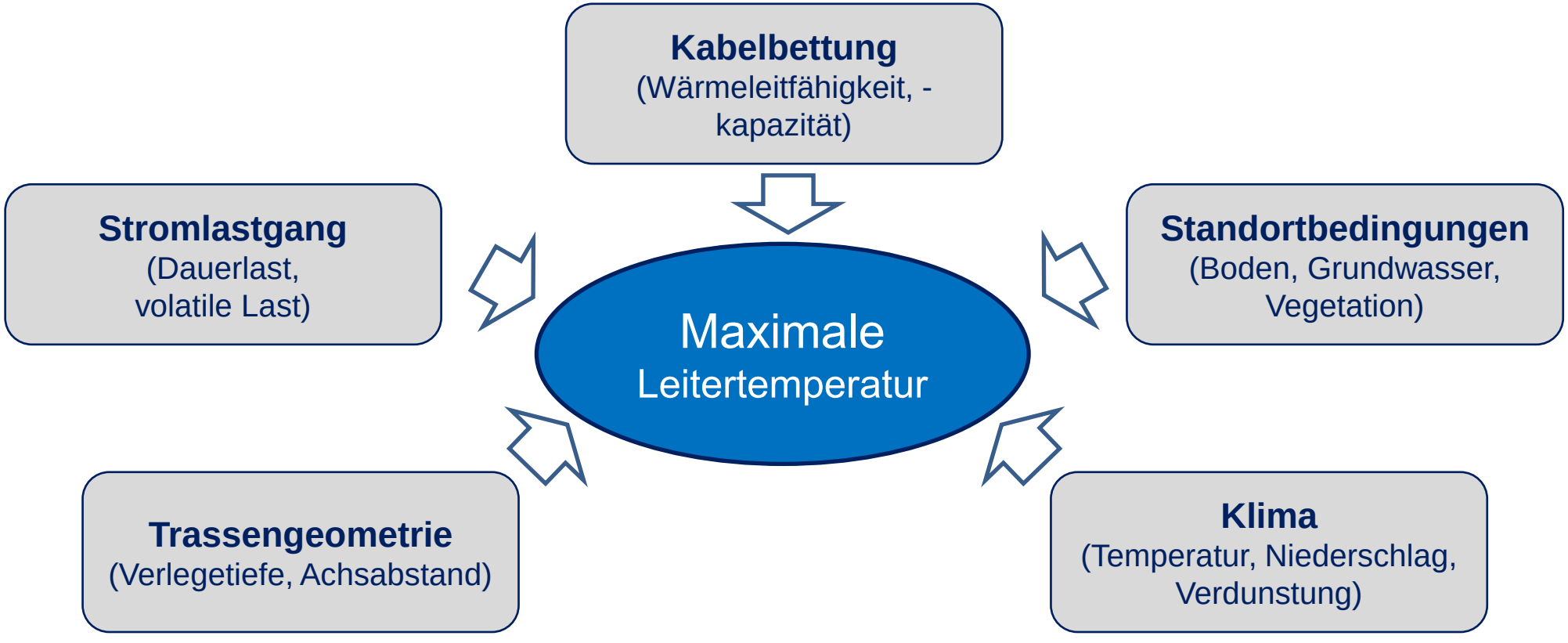
Gliederung

1. Das Cable Earth Verfahren
2. 110 kV Kabelnetz der E.DIS Netz GmbH (exemplarisch: Trasse Oderland)
3. Anwendung des Cable Earth Verfahrens
4. Erste Ergebnisse des Monitorings

Wechselwirkung Boden und Kabel



Einflussgrößen auf die Strombelastbarkeit einer Trasse



Das Cable Earth Verfahren: Modellieren - Messen - Bewerten

3 Komponenten

In der Modellierung:

wird berücksichtigt
-Bodeneigenschaften
-Stromlastgang
-Trassengeometrie
-Standortverhältnisse
-Klimabedingungen

wird berechnet
-Kabeltemperaturen
-Bodentemperatur
-Bodenaustrocknung

Prinzip des numerischen Simulationsverfahrens:

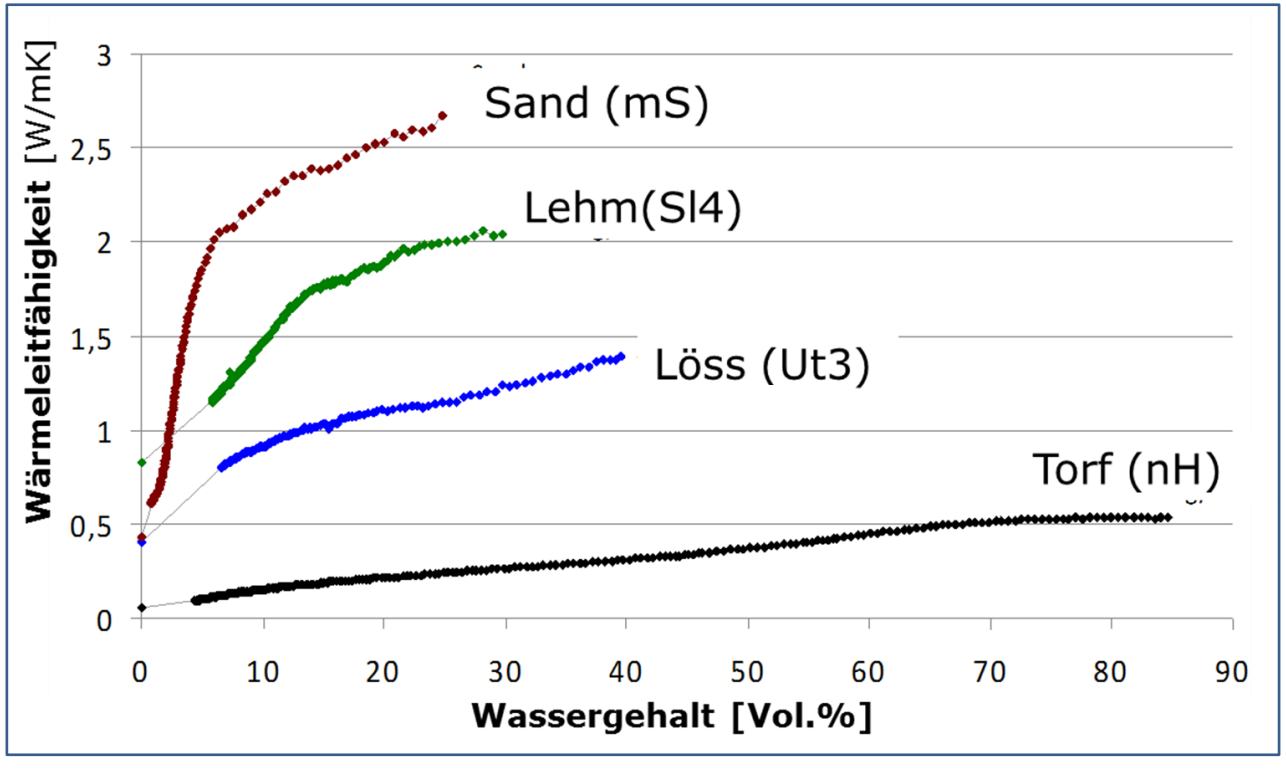
2 D - Modell | Simulation | Ergebnisse

Das Cable Earth Verfahren: Modellieren - Messen - Bewerten

Wärmeleitfähigkeit des Bodens

hohe Abhängigkeit von:

- Bodenart (z.B. Su2; Su*) Bettung
- Trockenrohdichte
- Wassergehalt



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)

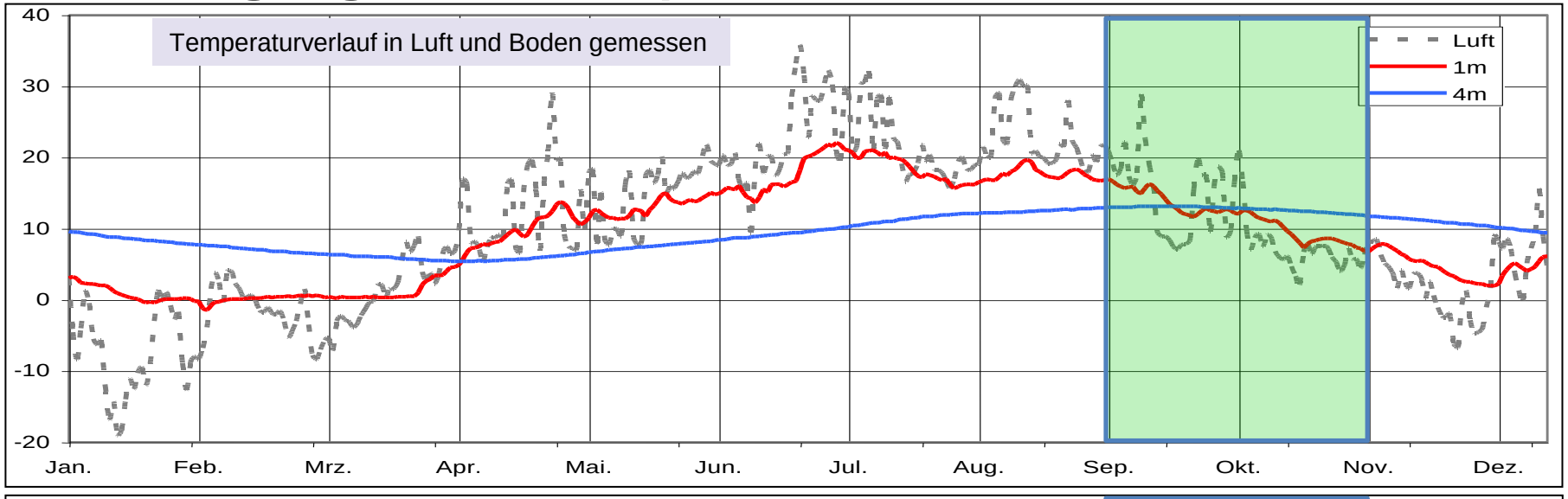
Bausteine der Pedotec-Studie

Mit dem von der TU Berlin **(Prof. Dr. Gerd Wessolek und Dr.-Ing. Steffen Trinks)** entwickelten CABLE-EARTH Verfahren wurde im Rahmen einer Studie untersucht, ob unter Berücksichtigung der Kabel-Verlegeart und der thermischen Bodeneigenschaften für variable Übertragungsleistungen (Wind, PV ≠ EVU-Last) eine querschnitts- und kostenoptimierte Kabeldimensionierung möglich ist.

Kernaussage der Pedotec-Studie

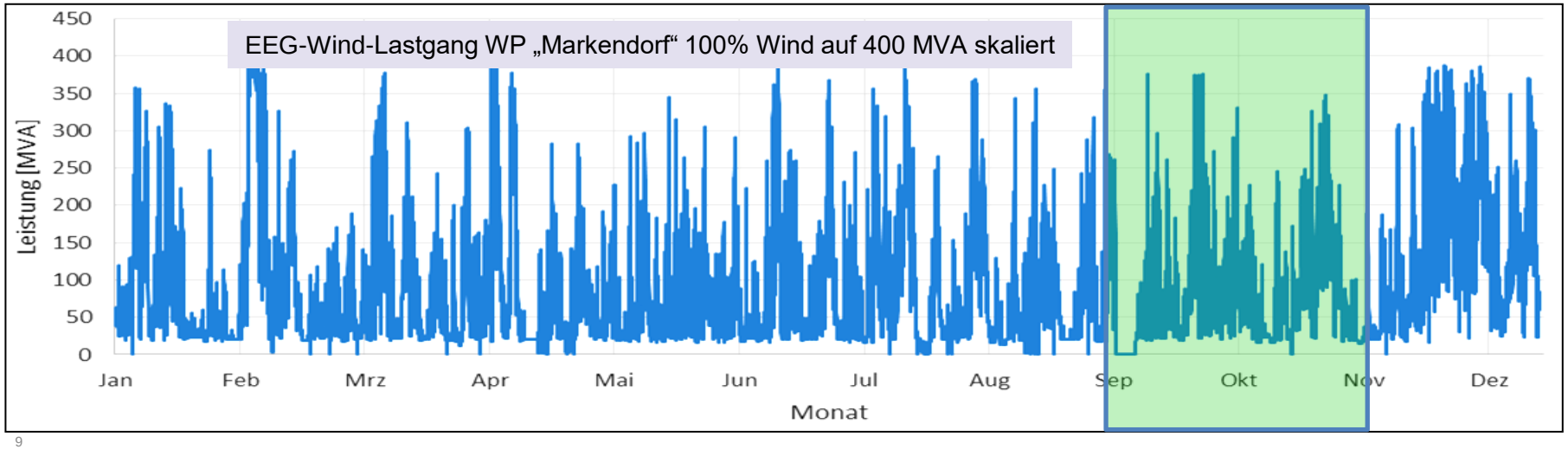
Die Berechnungsergebnisse der Studie zeigen, dass für transiente Lastgänge die Strombelastbarkeit von Kabeln deutlich höher ausfällt als Berechnungen mit konventionellen Ansätzen z.B. nach Herstellerangaben mit EVU-Last.

Randbedingungen des Temperaturmodells



- Lufttemperatur
- in 4 m Tiefe
- in 1 m Tiefe

Potsdam 1987



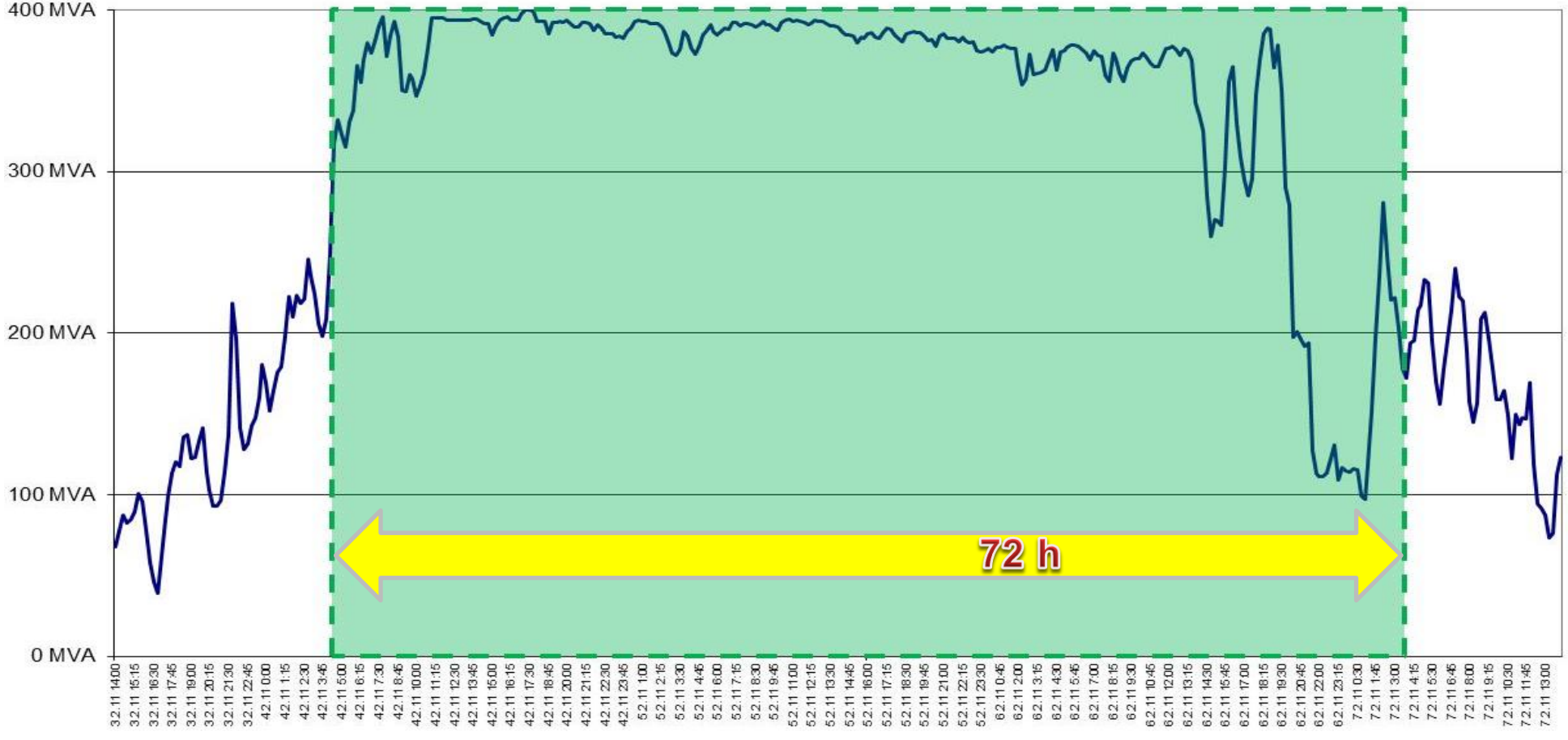
Berechnungsgrundlage für Wärmeverluste der HS-Kabel

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.

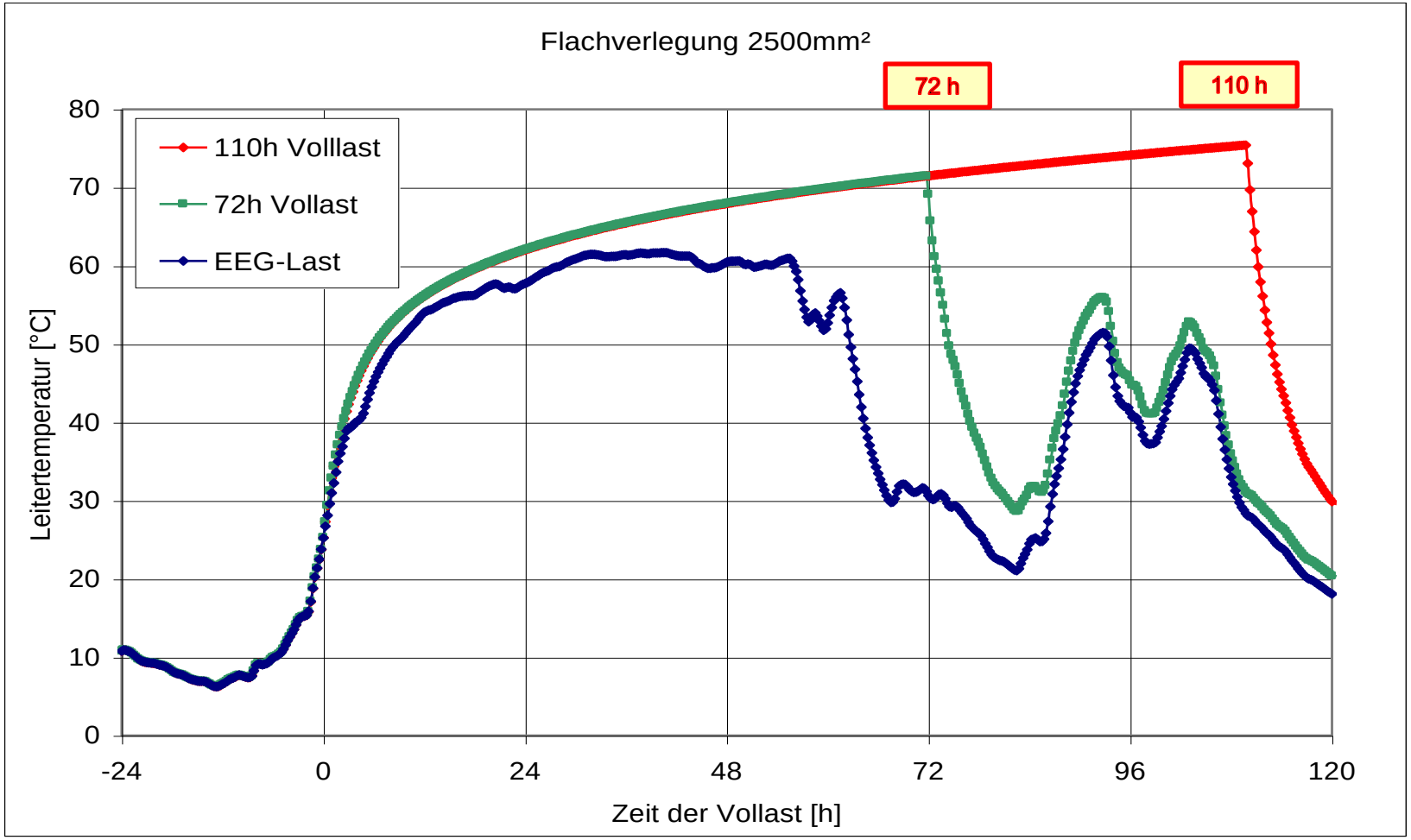
e.dis

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

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

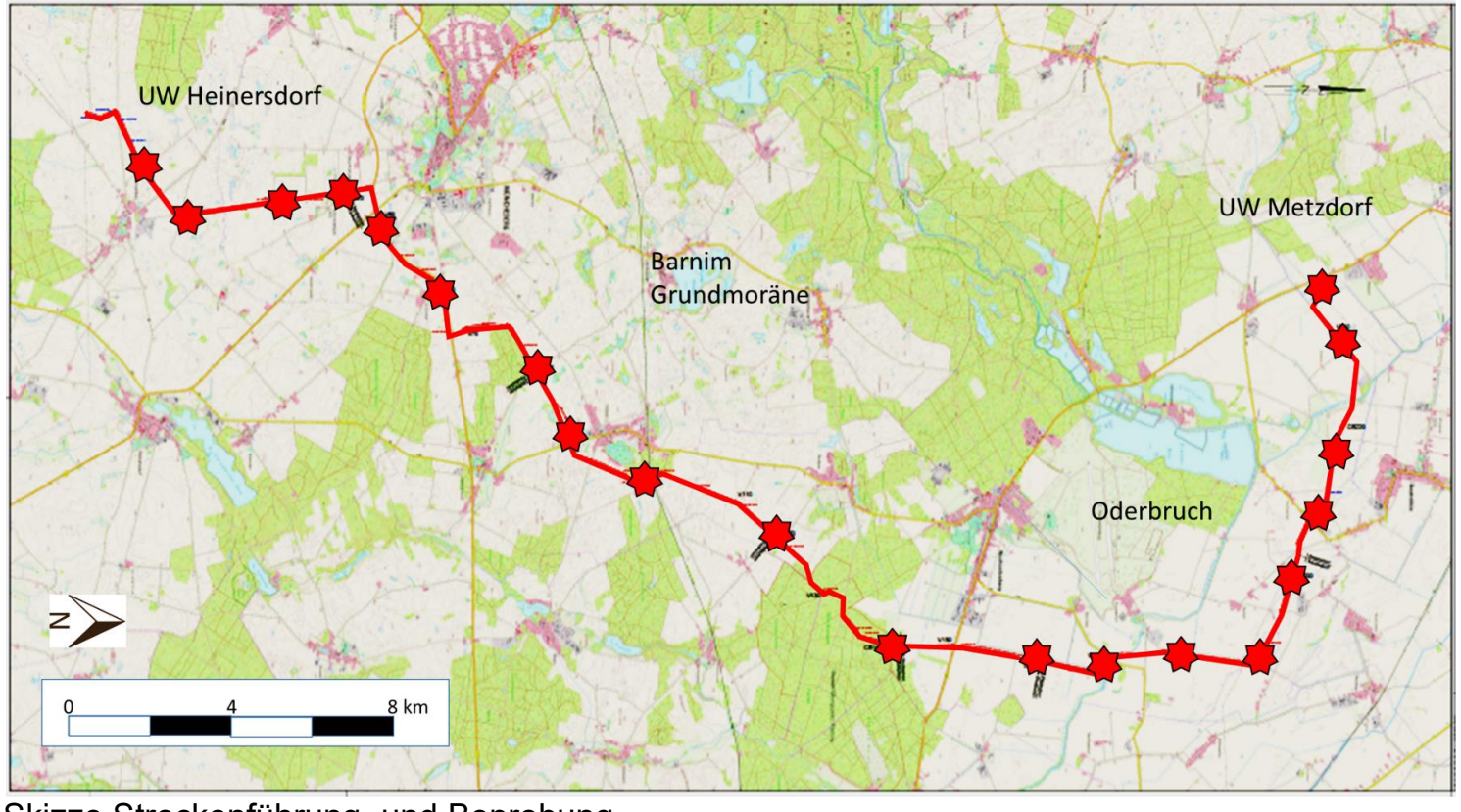


Leitertemperaturverlauf 400 MVA EEG-Wind vs. Voll-Last



Bodenkundliche Bauüberwachung

110 kV Trasse ‚Oderland' der E.DIS Netz GmbH (Länge 36 km)



Skizze Streckenführung und Beprobung

Probenahmepunkt

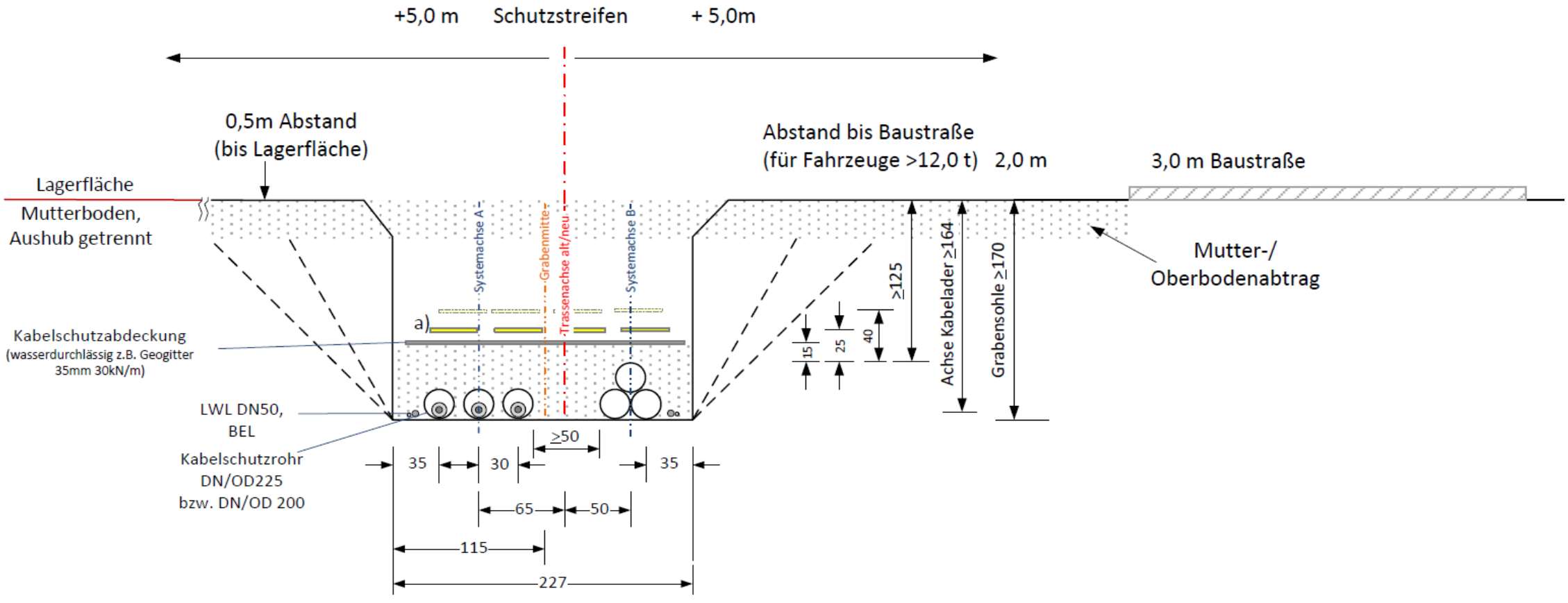
Offener Graben:

1. Verlegung der Schutzrohre
2. Einbau des Bettungsmaterials
3. Einbau der Kabelschutzabdeckung
4. Ausrollen der Kabelwarnbänder

Beprobung und Messung:

1. Wärmeleitfähigkeit (Nadelsensor)
2. Wassergehalt (TDR Sonde)
3. Entnahme Stechzylinder und Bodenprobe
4. Untersuchung im Labor: Trockenrohdichte, Wassergehalt, Körnung, Wärmeleitfähigkeit

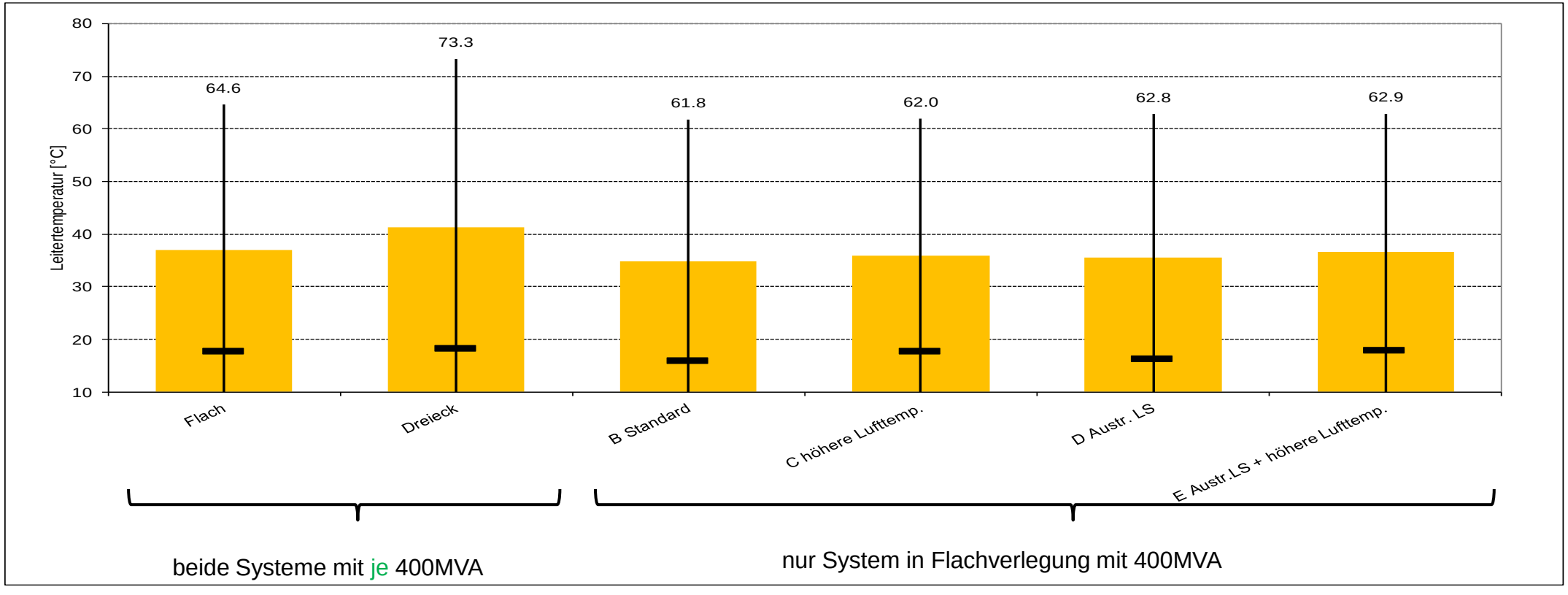
Regelprofil der 110kV Kabeltrasse



Übersicht zu den Berechnungsvarianten

<table>
<tr><th>Variante</th><th>Betrieb</th><th>Legeart</th><th>Boden-überdeckung</th><th>System-abstand</th><th>Achsabstand</th><th>Leiterquerschnitt</th><th>Leistung</th><th>Schutz-rohr</th><th>Luft-temperatur</th><th>Boden-feuchte</th></tr>
<tr><td>A</td><td>beide Systeme</td><td>Dreieck, Flach</td><td>125cm (Dreieck)
150cm (Flach)</td><td>50cm</td><td>20cm (Dreieck)
30cm (Flach)</td><td rowspan="5">2500mm²</td><td rowspan="5">400 MVA (100% Wind)</td><td></td><td>normal</td><td>konstant</td></tr>
<tr><td>B</td><td rowspan="4">1 System (Flach-verlegung)</td><td rowspan="4">Flach</td><td rowspan="4">150cm</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4">30cm</td><td>PP- HN</td><td>normal</td><td>konstant</td></tr>
<tr><td>C</td><td>Dn 200mm</td><td>erhöht</td><td>konstant</td></tr>
<tr><td>D</td><td>Ws 9.1mm</td><td>normal</td><td rowspan="2">sommerliche Austrocknung</td></tr>
<tr><td>E</td><td></td><td>erhöht</td></tr>
</table>

Boxplots der Leitertemperatur der Berechnungsvarianten



letzte Folie des Vortrags: FNN Fachkongress Dezember 2017

Durch die Modellierung der Leitertemperaturen mit dem Cable Earth Modell unter Berücksichtigung der Wechselwirkung von Boden und Kabel, den Labor- und Feldmessungen der wassergehalts- und dichteabhängigen Wärmeleitfähigkeit des Bettungsmaterials im Rahmen der Überwachung beim Bau der Trasse konnte eine deutliche Reduzierung der Baukosten erzielt werden.

Ausblick

Monitoring der tatsächlichen Kabeltemperaturen und Validierung des Cable Earth Verfahrens im Rahmen des WindNODE Projekts.

WINDNODE

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

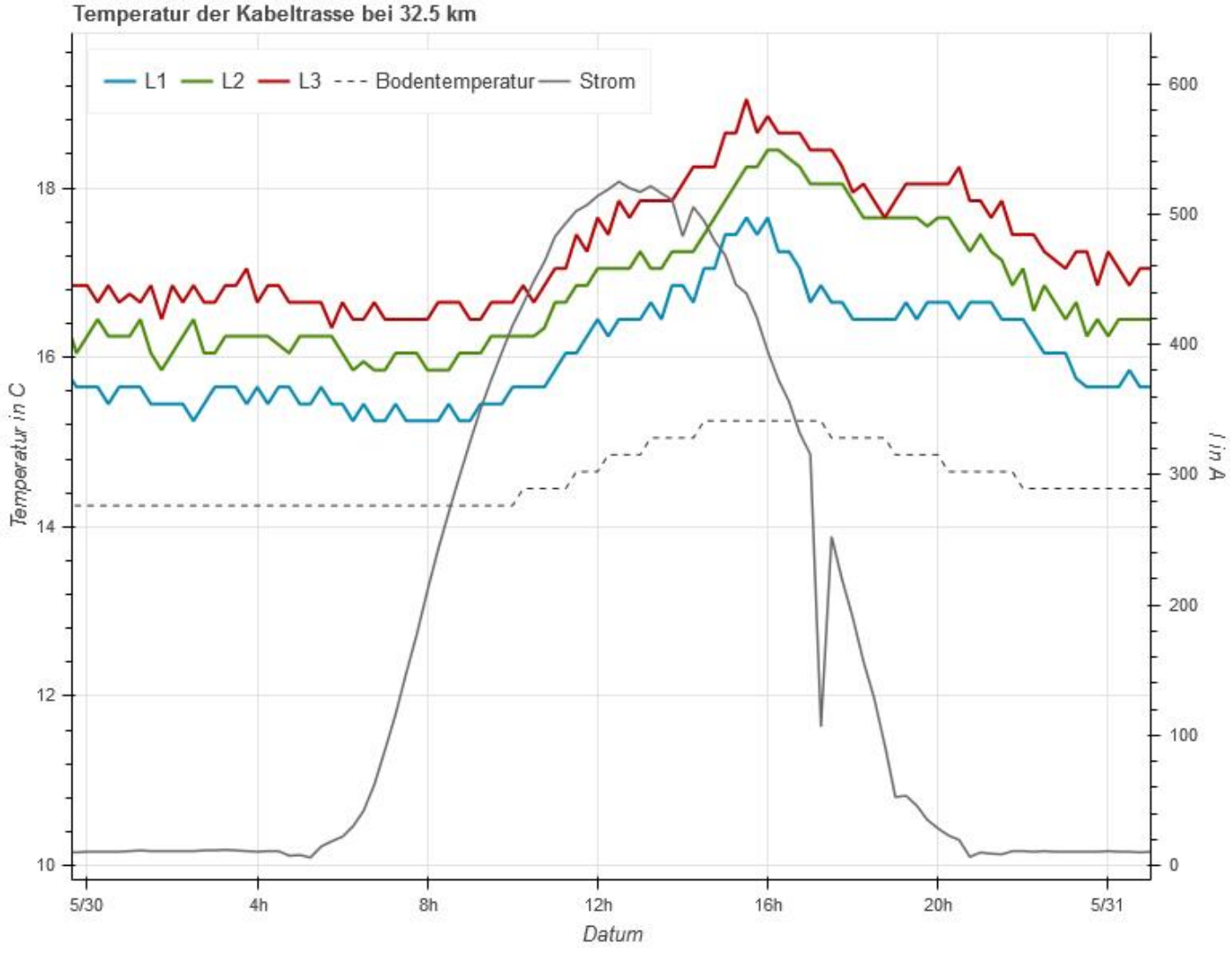
Temperaturgenauigkeit (1 Sigma) < 2K über die gesamte Faserlänge (ca. 46 km).

Die Messzeit pro LWL-Faser (=Leiter-Phase) beträgt 5 min.

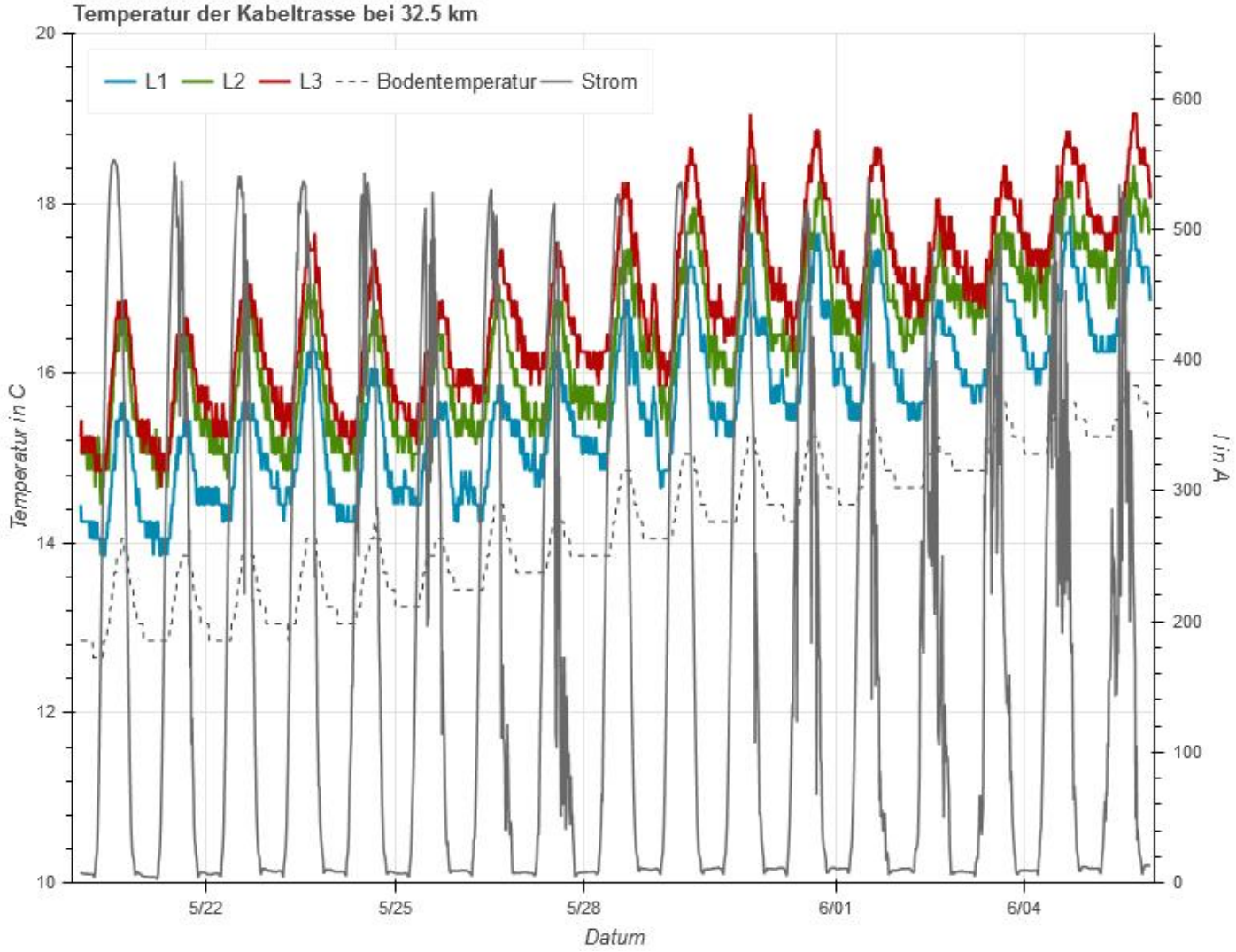
Es erfolgt eine Aktualisierung aller Messwerte im 15-min-Zyklus.

Das Datenvolumen der Archivierung beträgt ca. 82 GB pro Jahr.

Temperatur der Kabeltrasse bei 32,5 km 30.5.2018



Temperatur der Kabeltrasse bei 32,5 km 22.5. bis 4.6.2018



Welche Informationen stehen für eine Bewertung der gemessenen Kabeltemperaturen an der ca. 36 km langen Trasse zur Verfügung

1. Bereiche für die OBW (Graben), GBW/HDD und Muffen
2. Verlegeebene der Kabel (im Grundwasser oder oberhalb)
3. ca. 50 Probennahmepunkte (Bettungsmaterial; angelieferter bzw. wieder eingebauter Boden)
4. Böden oberhalb des Bettungsmaterials
5. Vegetation (landwirtschaftliche Nutzung, Wald)
6. Topographie (Höhenlinien/Isohypsen); Kuppen und Senken im Trassenverlauf

…

WINDNODE