Vergleich der Verlegeparameter in der herkömmlichen, offenen Bauweise mit der alternativen Verlegung

Von Norbert Markwardt

1 Einleitung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem Vergleich der Verlegeparameter für das eingebaute Bettungsmaterial in der herkömmlichen, offenen Bauweise mit der alternativen Verlegung durch den Kabelrohrschlitten (KaRoSch).

Hinsichtlich der allgemeingültigen bodenkundlichen Zusammenhänge bzgl. der Herstellung und des Einbaus von Bettungsmaterialien in Bezug auf eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit des eingebauten Bettungsmaterials wird an dieser Stelle und auch im Folgenden auf /1/ verwiesen.

Es erfolgt eine kurze Darstellung des Einbaus der Schutzrohre und des Bettungsmaterials in der herkömmlichen, offenen Bauweise und im Vergleich dazu der Einbau mit KaRoSch.

Den Schwerpunkt dieses Beitrags bilden die im Rahmen der Fremdüberwachung in dem 4-monatigen Zeitraum von Anfang Mai 2022 bis Anfang September 2022 ermittelten Verlegeparameter des eingebauten Bettungsmaterials einer 380 kV Kabeltrasse für die beiden Einbauverfahren (Körnung, Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit). Diese werden zunächst dargestellt und insb. im Hinblick auf die Wärmeleitfähigkeit vorläufig bewertet.

Abschließend erfolgen einerseits Hinweise auf den Einbau eines Bettungsmaterials mit deutlich erhöhten Ton- und Schluffanteilen und den Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit (110 kV Trasse). Andererseits wird auf den Verlauf der gemessenen Bodenfeuchte im Bettungsmaterial in unmittelbarer Nähe der Schutzrohre bei hoher Stromlast hingewiesen (weitere 110 kV Trasse).

2 Einbau der Schutzrohre und des Bettungsmaterials

Bild 1 zeigt die grundsätzliche Vorgehensweise für den Einbau des Bettungsmaterials in der herkömmlichen, offenen Bauweise. Nach dem Verlegen der Schutzrohre wird das Bettungsmaterial zunächst bis auf OK Schutzrohre eingebaut. Danach erfolgt eine 2-malige Verdichtung des Bettungsmaterials mit entsprechend kleinen Rüttelplatten zwischen und neben den Schutzrohren (Bild 1, links).

Bild 1 (rechts) zeigt die fertiggestellte Bettungsschicht. Nach dem Aufbringen des Bettungsmaterials bis auf mindestens 35 - 40 cm oberhalb Oberkante (OK) Leerrohre und der anschließenden Verdichtung mit einer großen Rüttelplatte ist nach dem Verdichten des Bettungsmaterials eine Überdeckung der Schutzrohre von ca. 20 cm vorhanden. Weitergehende Erläuterungen hierzu finden sich in /1/.





Bild 1: Einbau der Schutzrohre und des Bettungsmaterials in der herkömmlichen, offenen Bauweise

Bild 2 zeigt die mit KaRoSch hergestellte untere Bettungsschicht, in die die Schutzrohre im gleichen Arbeitsgang anschließend verlegt werden. Dabei wird die Rohrbettung mithilfe der Halbschalen und einer integrierten elektrisch angetriebenen Einheit aus mehreren Vibrationsplatten verdichtet (weitergehende Informationen sind dem Beitrag von Dr. Frank Krögel/Philipp Oliv zu entnehmen).

Bild 3 links zeigt die noch nicht verdichtete OK der Bettungsschicht. Wie bei der herkömmlichen, offenen Bauweise erfolgt die abschließende Verdichtung der Bettungsschicht mit einer großen Rüttelplatte oder ggf. mit einer kleinen Walze.

Im Vordergrund des Bilds 3 (rechts) sind die für die Probenentnahme freigelegten Schutzrohre zu erkennen. Sowohl für die herkömmliche, offene Bauweise als auch für den Einbau mit Ka-RoSch erfolgte die Probenentnahme aus dem Bettungsmaterial (Stechzylinder und gestörte Proben) in dem Bereich zwischen und neben den Schutzrohren, da insb. beim Einbau mit Ka-RoSch hier die geringsten Verdichtungswerte zu erwarten waren.

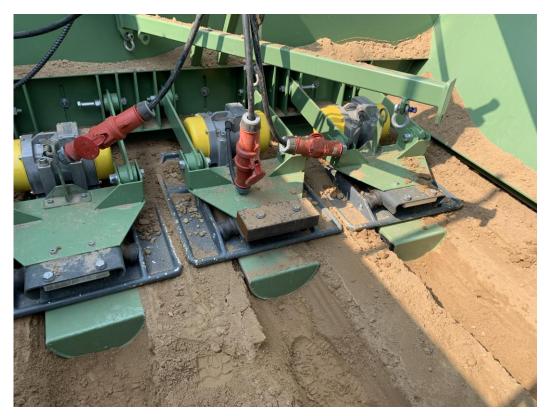


Bild 2: Einbau der Schutzrohre und des Bettungsmaterials mit KaRoSch





Bild 3: Einbau der Schutzrohre und des Bettungsmaterials mit KaRoSch und freigelegte Schutzrohre

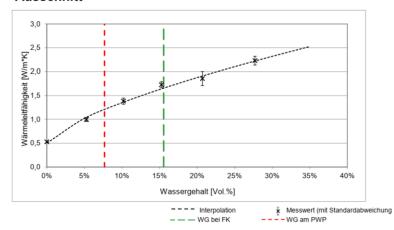
3 Darstellung und vorläufige Bewertung der Verlegeparameter

Nachfolgend werden die Ergebnisse der in dem Zeitraum von Anfang Mai 2022 bis Anfang September 2022 genommenen Bodenproben dargestellt und im Anschluss insb. im Hinblick auf die Wärmeleitfähigkeit vorläufig bewertet.

Bild 4 zeigt zunächst exemplarisch das Auswerteprotokoll zur Bestimmung der wassergehaltsabhängigen Wärmeleitfähigkeit einer Probe des Bettungsmaterials (Probe E 24).

Rot markiert sind die Wärmeleitfähigkeiten bei den o.g. Werten des Permanenten Welkepunkts (PWP) und grün markiert die Werte bei der Feldkapazität (FK).

Ausschnitt



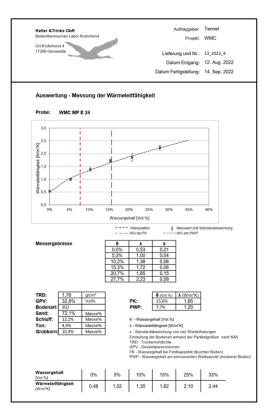


Bild 4: Auswerteprotokoll zur Bestimmung der wassergehaltsabhängigen Wärmeleitfähigkeit eines Bettungsmaterials

Die gemessenen Werte (inkl. Standardabweichung) der Wärmeleitfähigkeit sind bei einer Trockenrohdichte TRD = 1,78 (g/cm³) in Bild 4 eingetragen. Die gestrichelte schwarze Kurve zeigt die mit einem Modell berechnete Wärmeleitfähigkeit (WLF), um einen kontinuierlichen Verlauf der WLF von vollkommen ausgetrocknet bis wassergesättigt abbilden zu können.

Der rote Strich in Bild 4 entspricht dem gemessenen Wert des permanenten Welkepunkts (PWP). Der Schnittpunkt mit der gestrichelten schwarzen Kurve entspricht der so ermittelten Wärmeleitfähigkeit beim PWP.

In gleicher Weise wurde mit dem Wassergehalt und mit der Wärmeleitfähigkeit bei Feldkapazität verfahren (grüner Strich in Bild 4). Weitergehende Erläuterungen hierzu finden sich in /1/.

Die Bilder 5 und 6 zeigen die Trockenrohdichten (TRD) und Wärmeleitfähigkeiten (WLF) beim permanenten Welkepunkt (PWP) des konventionell und des mit KaRoSch eingebauten Bettungsmaterials.

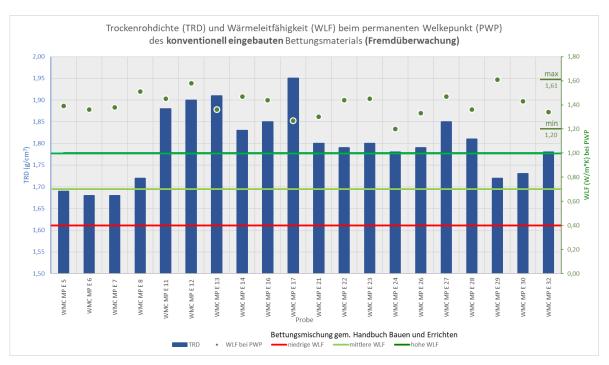


Bild 5: Trockenrohdichten und Wärmeleitfähigkeiten beim permanenten Welkepunkt des konventionell eingebauten Bettungsmaterials

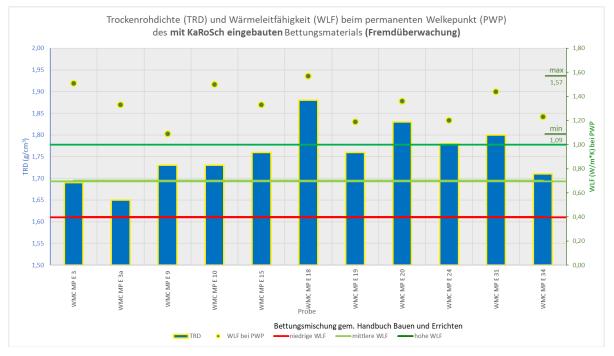


Bild 6: Trockenrohdichten und Wärmeleitfähigkeiten beim permanenten Welkepunkt des mit KaRoSch eingebauten Bettungsmaterials

Die Ton- und Schluffanteile variieren für die 20 Proben E5 - E 32 (konventioneller Einbau) und die 11 Proben E3 - E 34 (Einbau mit KaRoSch) in einem Bereich von 11 - 35 Masse%.

Neben den Werten der Trockenrohdichte TRD (linke y-Achse) und den Werten der Wärmeleitfähigkeit WLF beim permanenten Welkepunkt PWP (rechte y-Achse) sind in den Bildern 5 und 6 die gemäß Handbuch Bauen und Errichten der Tennet TSO GmbH eingestuften Bettungsmischungen (niedrige, mittlere und hohe WLF) eingetragen.

Es ist zu erkennen, dass alle Werte der WLF bei PWP oberhalb von 1,0 W/mK liegen. Das heißt, dass sowohl das konventionell eingebaute als auch das mit KaRoSch eingebaute Bettungsmaterial eine hohe WLF aufweist. Die WLF bei PWP variiert beim konventionellen Einbau in dem Bereich von 1,20 - 1,61 W/mK; beim Einbau mit KaRoSch variieren die Werte zwischen 1,09 und 1,57 W/mK.

Aktuell erfolgt eine ausführliche Auswertung aller von der Fremd- und Eigenüberwachung gemessenen Verlegeparameter (Trockenrohdichten, Proctordichten, Körnungslinien und Wärmeleitfähigkeiten) für eine abschließende Bewertung.

Zum Schluss wird auf zwei interessante Details im Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb von zwei 110 kV Trassen hingewiesen.

In 2022 wurde beim Bau einer 110 kV Trasse im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern erfolgreich Bettungsmaterial eingebaut, das z.T. einen maximalen Ton- und Schluffanteil von zusammen 60 - 65 Masse% aufweist. Bei entsprechend geringen Einbaufeuchten konnte dieses Material gut verdichtet werden und es wurden Wärmeleitfähigkeiten bei permanenten Welkepunkt in dem Bereich von 1,30 - 1,75 W/mK bestimmt.

In 2022 wurde im Bundesland Brandenburg der Bodenfeuchteverlauf im Bettungsmaterial einer 110 kV Trasse u.a. für einen grundwasserfernen Standort bestimmt. Erwartungsgemäß wurde die geringste Bodenfeuchte unmittelbar oberhalb des mittleren Schutzrohres (Flachverlegung) gemessen. Die Bodenfeuchte unmittelbar unterhalb OK Bettungsschicht war deutlich höher. Die direkt oberhalb des mittleren Schutzrohres gemessene Bodenfeuchte lag auch bei der vorhandenen hohen Stromlast (vergleichbar mit der Bemessungsstromlast) deutlich über dem permanenten Welkepunkt.

4 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem Vergleich der Verlegeparameter für das eingebaute Bettungsmaterial in der herkömmlichen, offenen Bauweise mit der alternativen Verlegung durch den Kabelrohrschlitten (KaRoSch).

Es erfolgte eine kurze Darstellung des Einbaus der Schutzrohre und des Bettungsmaterials in der herkömmlichen, offenen Bauweise und im Vergleich dazu der Einbau mit KaRoSch.

Die im Rahmen der Fremdüberwachung in dem 4-monatigen Zeitraum von Anfang Mai 2022 bis Anfang September 2022 ermittelten Verlegeparameter des eingebauten Bettungsmaterials einer 380 kV Kabeltrasse für die beiden Einbauverfahren (Körnung, Trockenrohdichte und Wärmeleitfähigkeit) wurden zunächst dargestellt und dann insb. im Hinblick auf die Wärmeleitfähigkeit vorläufig bewertet.

Abschließend erfolgten einerseits Hinweise auf den Einbau eines Bettungsmaterials mit deutlich erhöhten Ton- und Schluffanteilen und den Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit (110 kV Trasse). Andererseits wurde auf den Verlauf der gemessenen Bodenfeuchte im Bettungsmaterial in unmittelbarer Nähe der Schutzrohre bei hoher Stromlast hingewiesen (weitere 110 kV Trasse).

5 Literatur

- [1] Markwardt und Trinks (2022): Herstellung und Einbau von Bettungsmaterialien aus vorhandenen Böden, 3R Fachzeitschrift für sichere und effiziente Rohrleitungssysteme, Heft 07-08/2022, Vulkan Verlag
- [2] Ad-hoc AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2005
- [3] ASTM (2000): Standard test method for determination of thermal conductivity of soil and soft rock by thermal needle probe procedure. ASTM 5334-00
- [4] Trinks, S. (2010): Einfluss des Wasser- und Wärmehaushaltes von Böden auf den Betrieb erdverlegter Energiekabel. Bodenökologie und Bodengenese, 42. Technische Universität Berlin, Dissertation

Autor:

Dr.-Ing. Norbert Markwardt pedotec GmbH, Berlin

Tel.: 030 4361762

E-Mail:

n.markwardt@pedotec.de

Internet:

www.pedotec.de

