

	<p align="center">SuedOstLink - BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a –</p>	
	<p align="center">Abschnitt D2 Nittenau bis Pfatter</p> <p align="center">Unterlagen gemäß § 21 NABEG</p>	<p>Das Vorhaben Nr. 5 im SuedOstLink ist von der Europäischen Union gefördert; sie haftet nicht für die Inhalte.</p>  <p>Kofinanziert von der Fazilität „Connecting Europe“ der Europäischen Union</p>
<p align="center">Teil E4.2 Bodenkundliche Bewertung</p>		

00	29.06.2023	Unterlage gemäß § 21 NABEG	ARGE U S. Beck-Broichsitter	ARGE U F. Wuttke	TenneT M. Schafhirt
Rev.	Datum	Ausgabe	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

Festgestellt nach §24 NABEG
Bonn, den

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2	
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3	
1	EINLEITUNG	6
1.1	SuedOstLink	6
1.2	Inhalt und Zweck des Dokuments	6
1.3	Auswahl der repräsentativen Leitprofile und im Abschnitt D2	6
2	ERGEBNISSE DER ALLGEMEINEN BODENKUNDLICHEN BEWERTUNG	7
3	BODENKUNDLICHE BEWERTUNG DER LEITPROFILE IM ABSCHNITT B	8
3.1	Leitprofil 1 – S0128	8
3.1.1	Leitprofil ohne Kabelbetrieb (Referenzwert im Ausgangszustand)	8
3.1.1	Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Grünland	9
3.1.1.1	Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen	9
3.1.2	Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Mais	12
3.1.2.1	Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen	12
3.1.3	Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Weizen	14
3.1.3.1	Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen	14
3.2	Leitprofil 2 – B0204	16
3.2.1	Leitprofil ohne Kabelbetrieb (Referenzwert im Ausgangszustand)	17
3.2.2	Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Grünland	18
3.2.2.1	Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen	18
3.2.3	Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Mais	20
3.2.3.1	Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen	20
3.2.4	Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Weizen	23
3.2.4.1	Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen	23
4	ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG DES BODENWASSERHAUSHALTES, TEMPERATUR- UND SÄTTIGUNGSABHÄNGIGE EINWIRKUNGEN AUF PFLANZEN; LANDWIRTSCHAFT UND ERTRÄGE	26
5	LITERATURVERZEICHNIS	27
6	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	28

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Referenzwerte für die Temperatur [°C] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	8
Abbildung 2:	Referenzwerte für die Sättigung [-] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	9
Abbildung 3:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	10
Abbildung 4:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	10
Abbildung 5:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	11
Abbildung 6:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	11
Abbildung 7:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	12
Abbildung 8:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	13
Abbildung 9:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	13
Abbildung 10:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	14
Abbildung 11:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	15
Abbildung 12:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	15

Abbildung 13:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	16
Abbildung 14:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	16
Abbildung 15:	Referenzwerte für die Temperatur [°C] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	17
Abbildung 16:	Referenzwerte für die Sättigung [-] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	17
Abbildung 17:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	18
Abbildung 18:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	19
Abbildung 19:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	19
Abbildung 20:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	20
Abbildung 21:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	21
Abbildung 22:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	21
Abbildung 23:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	22
Abbildung 24:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	22

Abbildung 25:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	23
Abbildung 26:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	24
Abbildung 27:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	24
Abbildung 28:	Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).	25

1 Einleitung

1.1 SuedOstLink

Der SuedOstLink ist ein Netzausbauprojekt des Stromübertragungsnetzes. Es besteht aus den Vorhaben Nr. 5 sowie dem Vorhaben Nr. 5a gemäß Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG). Beide Vorhaben sind Leitungen zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung und werden mit einem Erdkabelvorrang geplant.

Das Vorhaben Nr. 5 verläuft von Wolmirstedt bei Magdeburg in Sachsen-Anhalt bis Isar in Bayern. Das Vorhaben Nr. 5a ist eine Verbindung von Klein Rogahn über Stralendorf, Warsow, Holthusen und Schossin bis Isar in Bayern. Vom Landkreis Börde bis Isar erfolgt in räumlicher Nähe eine gemeinsame Verlegung beider Vorhaben.

SuedOstLink besteht aus den Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (südlicher Teil) BBPI, für die jeweils eigene Anträge auf Planfeststellungsbeschluss gemäß § 19 Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) gestellt wurden. Die Vorhabenträger haben gemäß § 26 Satz 2 NABEG eine einheitliche Entscheidung in den Planfeststellungsverfahren gemäß § 24 NABEG für die Abschnitte der beiden genannten Vorhaben zwischen dem Landkreis Börde und Isar beantragt. Die vorliegenden Unterlagen umfassen daher die Vorhaben Nr. 5 sowie Nr. 5a. Für den nördlichen Bereich des Vorhabens Nr. 5a erfolgt ein eigenes Bundesfachplanungs- und Planfeststellungsverfahren. Der südliche Bereich des SuedOstLinks Landkreis Börde bis Isar umfasst neun Planfeststellungsabschnitte.

Das Vorhaben Nr. 5 beinhaltet die Herstellung einer Kabelanlage mit einem Kabelsystem, bestehend aus zwei Erdkabeln mit einer Leistung von 2 Gigawatt (GW) und Nebenbauwerken sowie einer zusätzlichen für den Betrieb notwendigen Anlage, der Konverterstation. Nebenbauwerke sind die Kabelabschnittsstationen (KAS), Kabelübergangsstationen (KÜS) und die Kabelmonitoringstationen (KMS) sowie Oberflurschränke. Die Verlegung der Gleichspannungskabel erfolgt in Kabelschutzrohren (KSR). In Abschnitt A1 erfolgt in geringem Umfang auch eine Umsetzung als Freileitung mit den zugehörigen Anlagenteilen wie z. B. Freileitungsmasten.

Im Rahmen des Vorhabens Nr. 5a erfolgt zur Erweiterung der Übertragungsleistung um weitere 2 GW (insgesamt 4 GW) die Verlegung einer zusätzlichen Kabelanlage mit einem Kabelsystem. Sie besteht ebenfalls aus zwei Erdkabeln, verlegt in Kabelschutzrohren, sowie der erforderlichen Konverterstation und den bereits beschriebenen Nebenbauwerken. Im Bereich vom Landkreis Börde bis Isar, in dem in räumlicher Nähe verlegt wird, erfolgt ein zeitnaher Tiefbau und Kabelzug.

Für weitergehende Informationen zu SuedOstLink und zum Planfeststellungsverfahren wird auf die Kapitel 1 ff im Teil A1 Erläuterungsbericht der Unterlagen gemäß § 21 NABEG verwiesen.

1.2 Inhalt und Zweck des Dokuments

Gegenstand des vorliegenden Teil E4.2 Bodenkundliche Bewertung ist die Betrachtung der Wärmeimmissionen ausgehend vom Betrieb des Erdkabels im umliegenden Boden und die Auswirkungen auf die Nutzpflanzen. Dabei werden die aus den numerischen Berechnungen (Teil E4.1 Wärmeimmissionsgutachten) ermittelten tiefenabhängigen effektiven Sättigungsverläufe für die umweltfachliche bzw. landwirtschaftliche Bewertung der Bodenkunde in temperaturabhängige Matrixpotentiale/Saugspannungen, hydraulische Gradienten und nutzbare Wassermengen überführt.

1.3 Auswahl der repräsentativen Leitprofile und im Abschnitt D2

Die Leitprofile S0128 und B0204 wurden durch das HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (Büro-HG) auf Basis der Bodenkundlichen Kartierung gemäß KA 5 (AD-HOC AG BODEN 2005) ausgewählt und übergeben und im Vorfeld mit dem Bodencluster der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) abgeglichen.

2 Ergebnisse der allgemeinen Bodenkundlichen Bewertung

NR. 5 Die Bewertung der Auswirkungen des Wärmeeintrags auf den Boden erfolgt für die Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) sowie Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) mit den entsprechenden Verlustleistungen 68 % NEP und 85 % NEP im Vergleich zur Referenz ohne Kabelbetrieb. Im Vordergrund steht die Bewertung des Austrocknungsverhalten auf der Grundlage der sättigungsabhängigen Matrixpotenzialverläufe, der hydraulischen Gradienten und der pflanzenverfügbaren Wassermengen für die eher flachwurzelnde Grünlandvegetation mit einer Hauptwurzelzone in 20 cm bis 30 cm Tiefe und den in der Regel tiefer wurzelnden Mais und Winterweizen mit einer Hauptwurzelzone in 50 cm bis 80 cm Tiefe.

Als Datengrundlage für die Auswertung stehen die tiefenabhängigen effektiven Sättigungsverläufe sowie die durch Pedotransferfunktionen abgeschätzten Bodenparameter unter Einbeziehung der Bodenkundlichen Kartieranleitung 5 (AD-HOC AG BODEN 2005) zur Verfügung. Die nutzbaren Wassermengen werden aus den jeweiligen pF/WG-Kurven der einzelnen Bodenhorizonte der Leitprofile S0128 und B0204 entnommen und unter Einbeziehung der modellierten Matrixpotentiale/Saugspannungen errechnet. Dabei wird der Anteil an Feinporen ($\psi_m < -15000$ hPa), der aufgrund der hohen Bindungsfestigkeit des Wassers an den Porenwänden, nicht mehr pflanzenverfügbar zur Verfügung steht (Totwasseranteil), entsprechend abgezogen. Die Lage und Horizontierung der Leitprofile B0006, B0533 und B0505 sowie die Berechnungsgrundlagen werden im Bericht Teil E4.1 Wärmeimmissionsgutachten ausführlich beschrieben.

3 Bodenkundliche Bewertung der Leitprofile im Abschnitt B

3.1 Leitprofil 1 – S0128

Das Leitprofil S0128 wurde bis in eine Tiefe von 180 cm von der HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 (AD-HOC AG BODEN 2005) aufgenommen. Es handelt sich um eine podsolige Braunerde (pBB) mit der Horizontfolge L/Aeh/Bv /Cv. Der Boden ist nicht durch Grundwasser geprägt.

3.1.1 Leitprofil ohne Kabelbetrieb (Referenzwert im Ausgangszustand)

Die Referenzwerte für die Temperatur im Ausgangszustand ohne Kabelbetrieb zeigen an der GOK jahreszeitlich bedingte Schwankungen zwischen -5 °C und 30 °C für Grünland und Weizen sowie zwischen -4 °C und 31 °C für Mais (Abbildung 1). Mit zunehmender Tiefe nimmt der Schwankungsbereich der Temperatur ab und es ist auf einen signifikanten Unterschied zwischen der Bodentemperatur an der GOK und der Lufttemperatur zu verweisen. Die Sättigung variiert bei allen drei Vegetationsformen an der GOK und bis in 30 cm Tiefe zwischen min. 0,6 und max. 0,85, während die Sättigung in 60 cm, 100 cm und 130 cm Tiefe > 0,1 ist (Abbildung 2).

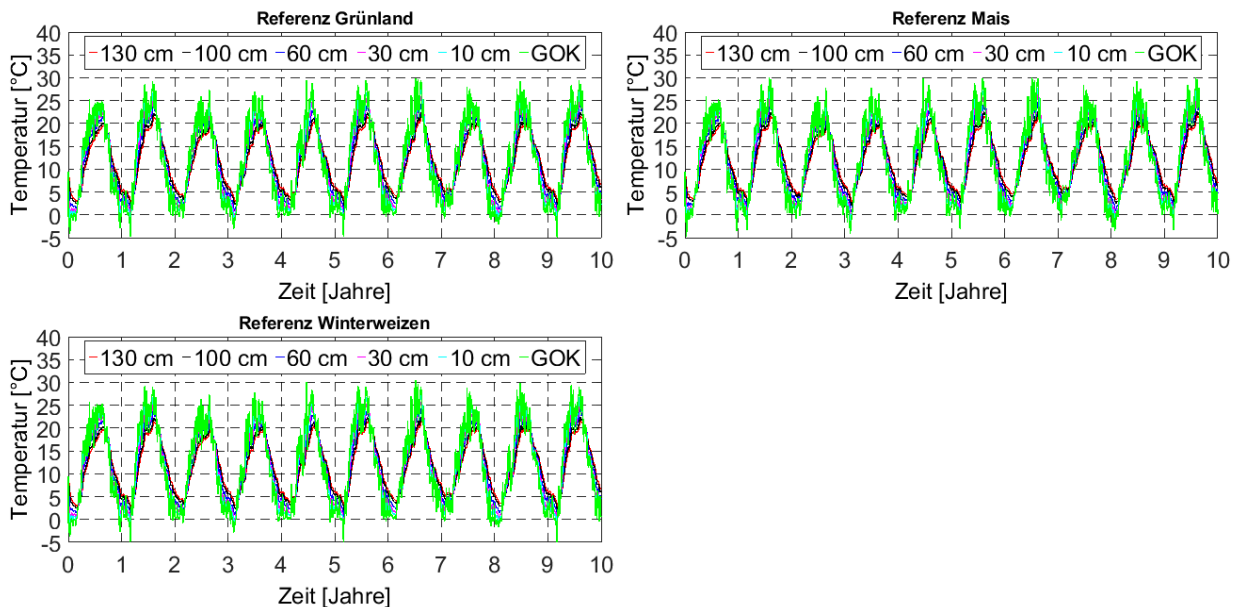


Abbildung 1: Referenzwerte für die Temperatur [°C] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

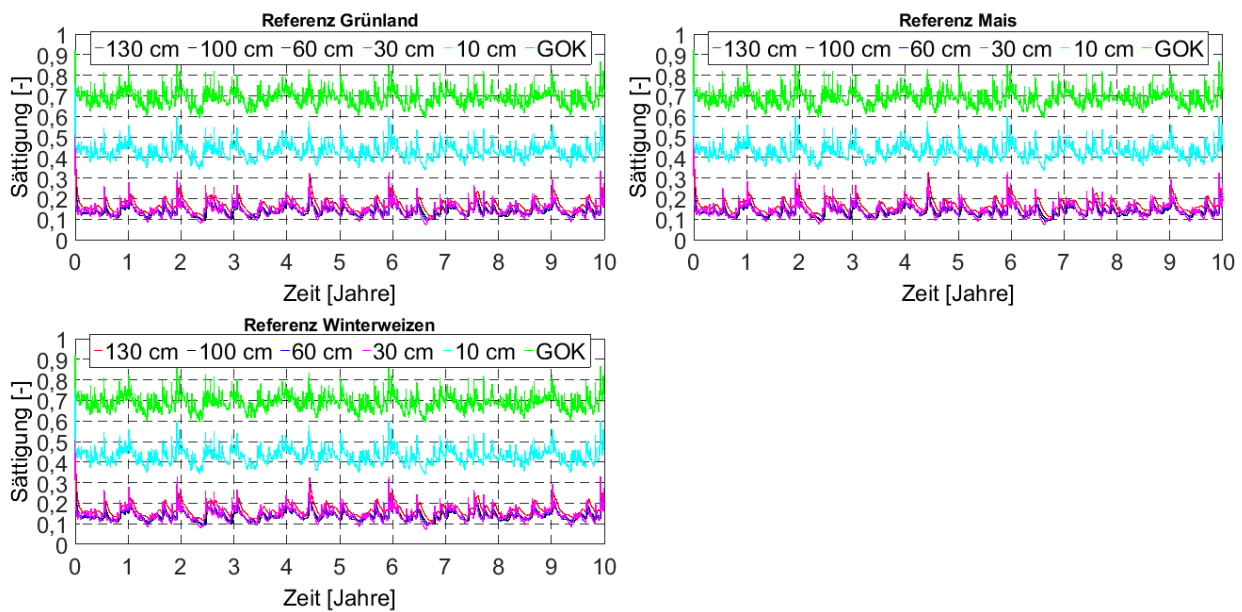


Abbildung 2: Referenzwerte für die Sättigung [-] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.1.1 Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Grünland

3.1.1.1 Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen

Beim Grünland treten in 100 cm und 60 cm Tiefe Matrixpotentiale zwischen -11000 hPa und -41000 hPa auf, wohingegen die Matrixpotentiale in 30 cm Tiefe zwischen -750 hPa und -40 hPa schwanken. Damit einher geht in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August eines jeden Jahres eine temporäre Entleerung der weiten Grobporen ($\psi_m \geq -60$ hPa), sowie engen Grobporen ($-60 > \psi_m \geq -300$ hPa) und Mittelporen ($-300 > \psi_m \geq -15000$ hPa), aus denen das pflanzenverfügbare Wasserdargebot resultiert, zudem kurzfristig auch die Feinporen ($\psi_m < -15000$ hPa). Dies zeigt sich insbesondere im vergleichsweise trockenen 2. Jahr (2010), 6. Jahr (2014) und 10. Jahr (2018). Die auftretenden Herbst- und Winterniederschläge führen bis in 30 cm Tiefe hingegen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen (Abbildung 3-6), d. h. die Matrixpotentiale sind > -40 hPa. In 60 cm und 100 cm Tiefe werden hingegen nur die Feinporen und in Teilen die Mittelporen wiederaufgefüllt, d. h. die Matrixpotentiale sind > -1000 hPa.

Die hydraulischen Gradienten schwanken im Jahresverlauf zwischen ± 0 und $+380$ zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe sowie ± 0 und $+800$ zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe und zeigen somit eine nahezu rasche und ganzjährige Versickerung (Infiltration). Zwischen der GOK und 30 cm Tiefe zeigen nur vergleichsweise geringe hydraulische Gradienten zwischen ± 0 und 20 (Abbildung 3-6). Ungeachtet der trockenen Sommermonate zwischen Juli und August unterschreitet die nutzbare Wassermenge für Grünland zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht 7 Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge zwischen 30 cm und 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt.

Die Unterschiede zwischen dem Vorhaben Nr. 5 mit 68 % NEP (Abbildung 3) und 85 % NEP (Abbildung 4) und dem Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a mit 68 % NEP (Abbildung 5) und 85 % NEP (Abbildung 6) sind gering.

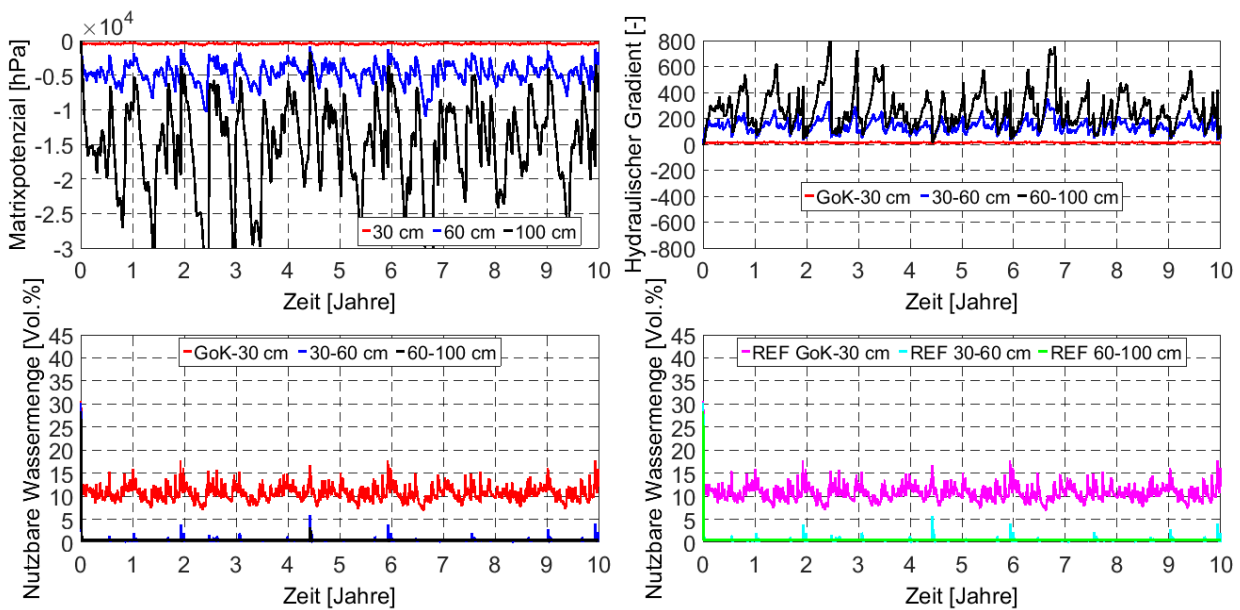


Abbildung 3: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

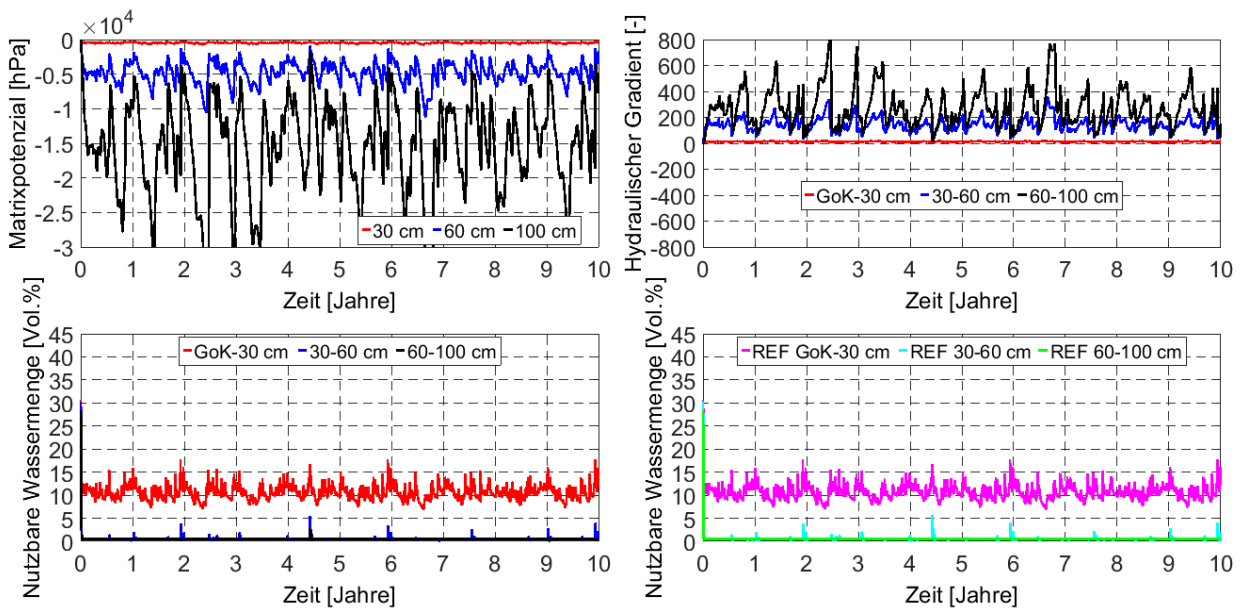


Abbildung 4: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

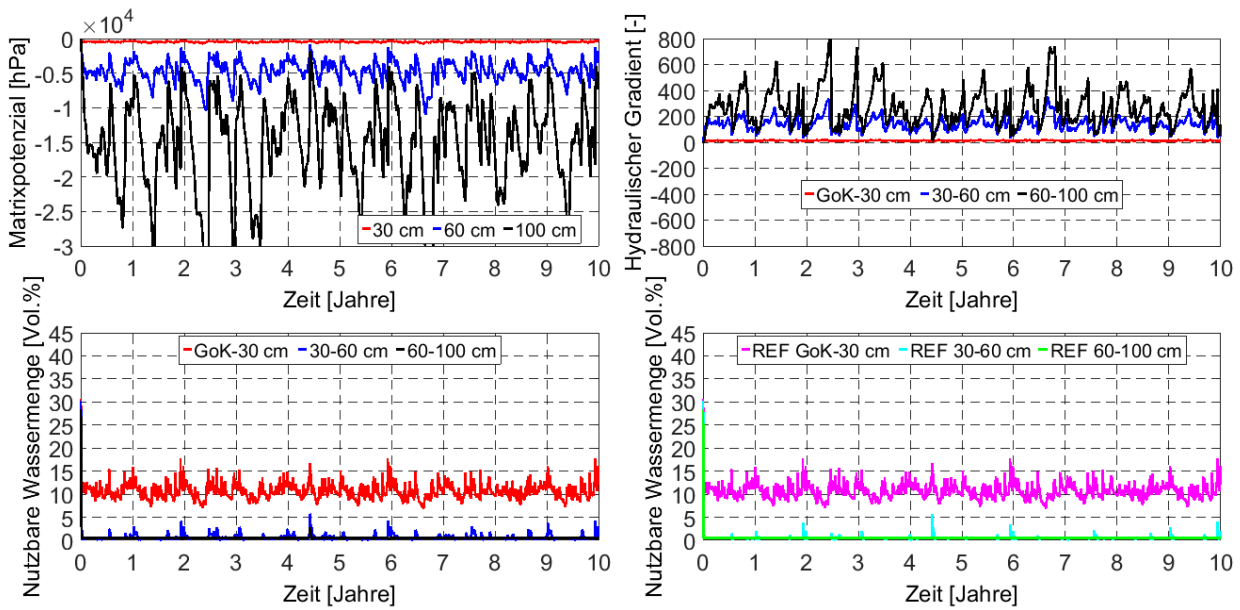


Abbildung 5: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von -4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

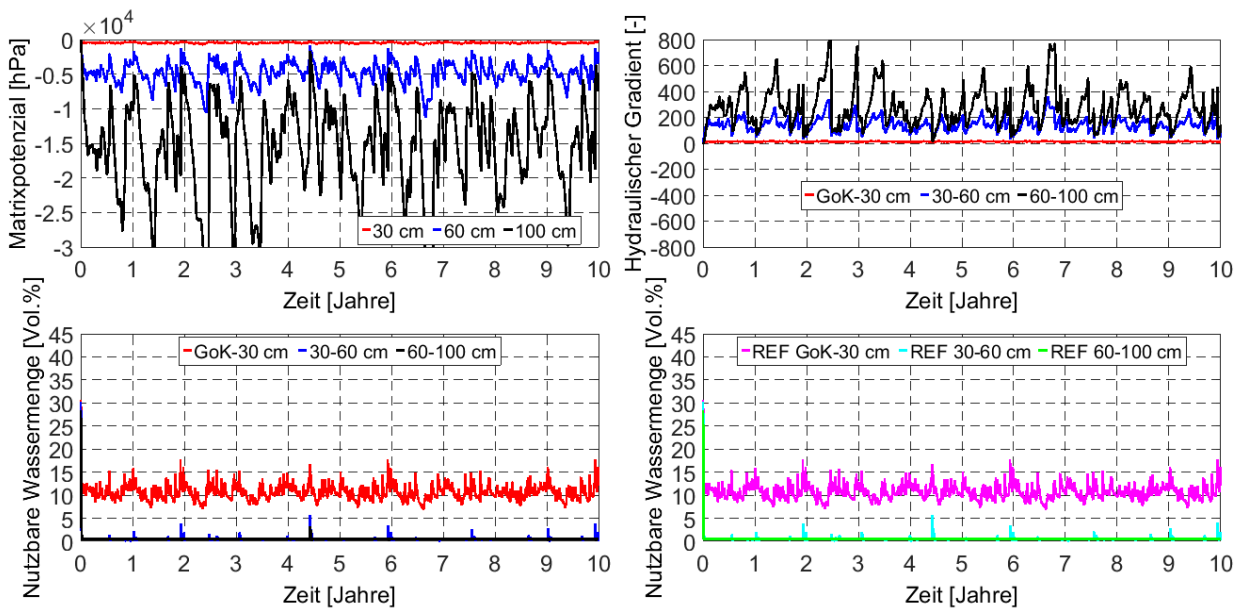


Abbildung 6: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von -4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.1.2 Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Mais

3.1.2.1 Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen

Beim Mais treten in 100 cm und 60 cm Tiefe Matrixpotenziale zwischen -11000 hPa und -41000 hPa für das Vorhaben NR. 5 sowie -11500 hPa und -42500 hPa für das Vorhaben NR. 5 und NR. 5a auf, wohingegen die Matrixpotenziale in 30 cm Tiefe zwischen -750 hPa und -40 hPa schwanken. Damit einher geht in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August eines jeden Jahres eine temporäre Entleerung der weiten Grobporen ($\psi_m \geq -60$ hPa), sowie engen Grobporen ($-60 > \psi_m \geq -300$ hPa) und Mittelporen ($-300 > \psi_m \geq -15000$ hPa), aus denen das pflanzenverfügbare Wasserdargebot resultiert, zudem kurzfristig auch die Feinporen ($\psi_m < -15000$ hPa). Dies zeigt sich insbesondere im vergleichsweise trockenen 2. Jahr (2010), 6. Jahr (2014) und 10. Jahr (2018). Die auftretenden Herbst- und Winterniederschläge führen bis in 30 cm Tiefe hingegen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen (Abbildung 7-10), d. h. die Matrixpotenziale sind > -40 hPa. In 60 cm und 100 cm Tiefe werden hingegen nur die Feinporen und in Teilen die Mittelporen wiederaufgefüllt, d. h. die Matrixpotenziale sind > -1000 hPa.

Die hydraulischen Gradienten schwanken im Jahresverlauf zwischen ± 0 und $+390$ zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe sowie ± 0 und $+800$ zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe und zeigen somit eine nahezu rasche und ganzjährige Versickerung (Infiltration). Zwischen der GOK und 30 cm Tiefe zeigen nur vergleichsweise geringe hydraulische Gradienten zwischen ± 0 und 20 (Abbildung 7-10). Ungeachtet der trockenen Sommermonate zwischen Juli und August unterschreitet die nutzbare Wassermenge für Mais zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht $7,5$ Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge zwischen 30 cm und 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von $0,05$ Vol. % bewegt.

Die Unterschiede zwischen dem Vorhaben Nr. 5 mit 68 % NEP (Abbildung 7) und 85 % NEP (Abbildung 8) und dem Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a mit 68 % NEP (Abbildung 9) und 85 % NEP (Abbildung 10) sind gering.

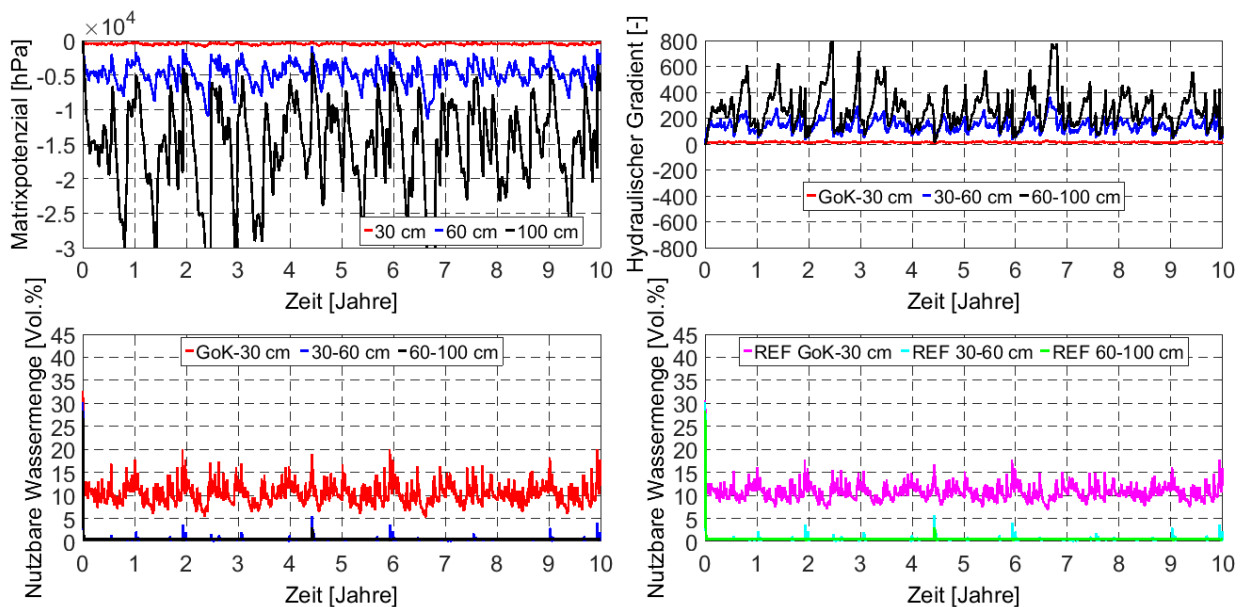


Abbildung 7: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von $+ 4$ m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

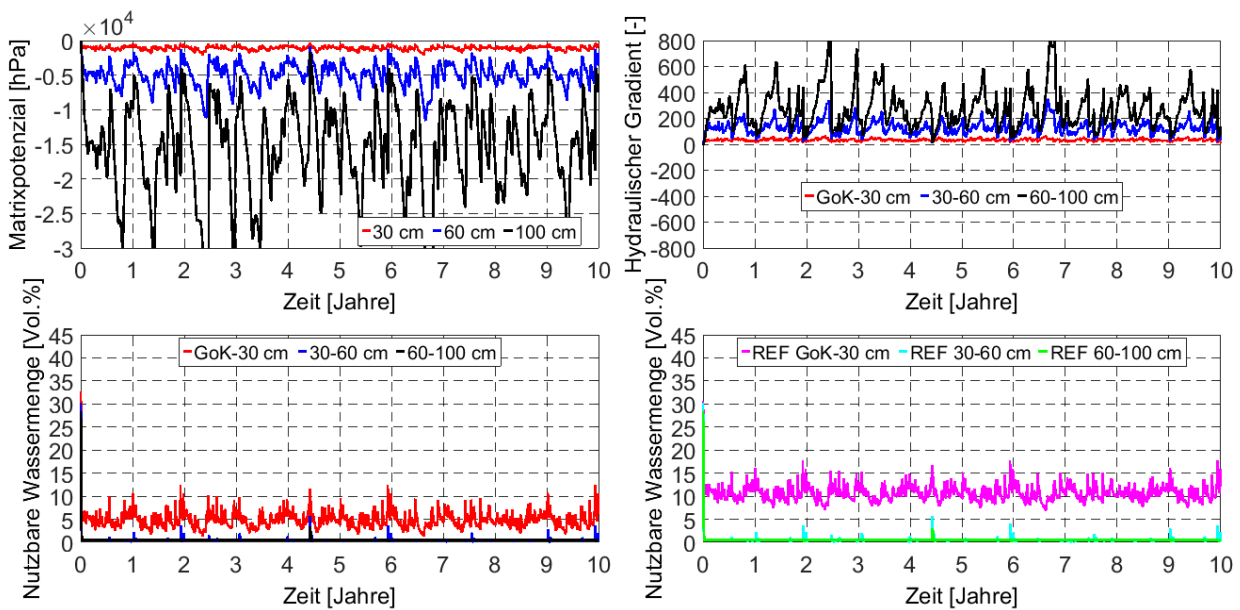


Abbildung 8: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

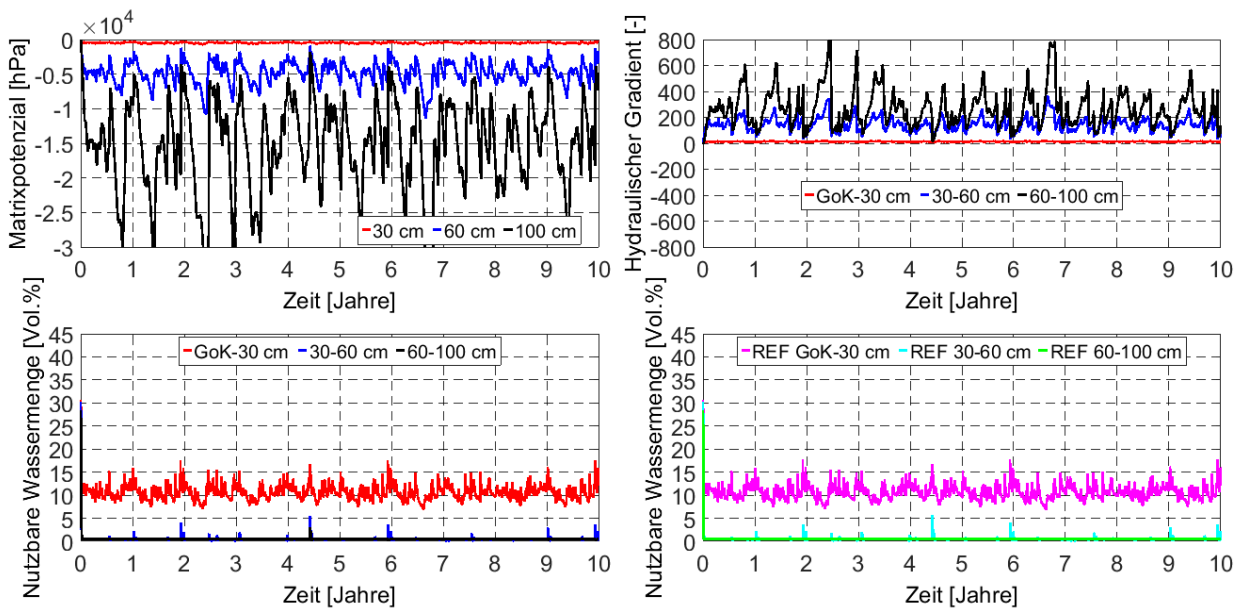


Abbildung 9: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von - 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

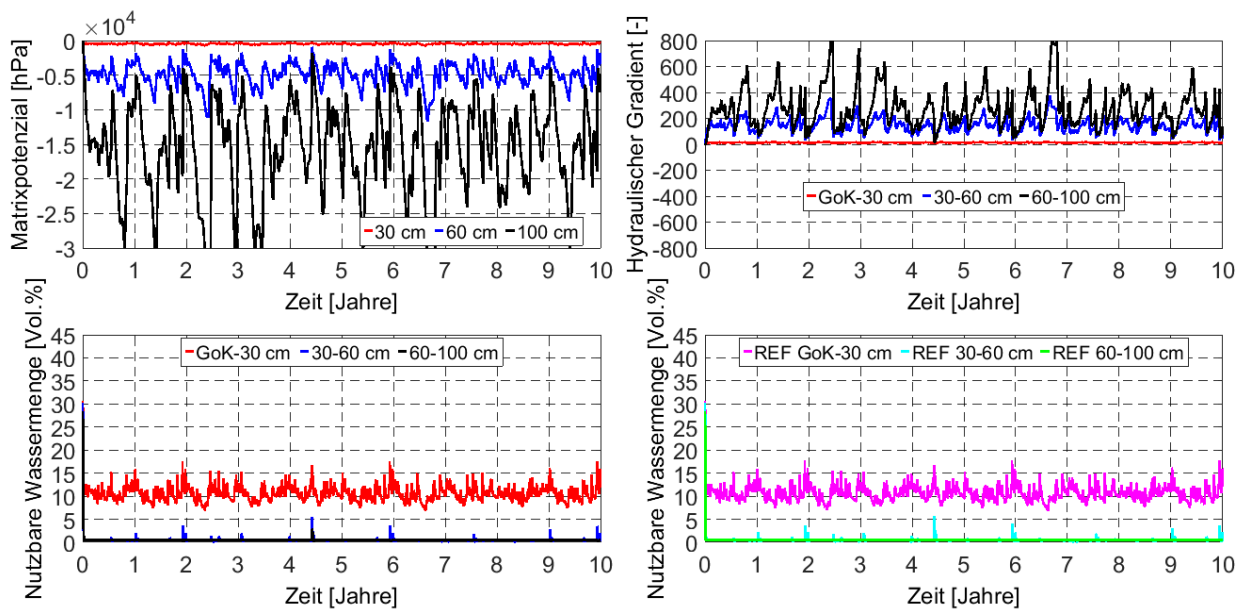


Abbildung 10: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.1.3 Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Weizen

3.1.3.1 Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen

Beim Weizen treten in 100 cm und 60 cm Tiefe Matrixpotenziale zwischen -10500 hPa und -41500 hPa für das Vorhaben Nr. 5 sowie -11500 hPa und -42500 hPa für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a auf, wohingegen die Matrixpotenziale in 30 cm Tiefe zwischen -750 hPa und -40 hPa schwanken. Damit einher geht in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August eines jeden Jahres eine temporäre Entleerung der weiten Grobporen ($\psi_m \geq -60$ hPa), sowie engen Grobporen ($-60 > \psi_m \geq -300$ hPa) und Mittelporen ($-300 > \psi_m \geq -15000$ hPa), aus denen das pflanzenverfügbare Wasserdargebot resultiert, zudem kurzfristig auch die Feinporen ($\psi_m < -15000$ hPa). Dies zeigt sich insbesondere im vergleichsweise trockenen 2. Jahr (2010), 6. Jahr (2014) und 10. Jahr (2018). Die auftretenden Herbst- und Winterniederschläge führen bis in 30 cm Tiefe hingegen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen (Abbildung 11-14), d. h. die Matrixpotenziale sind > -40 hPa. In 60 cm und 100 cm Tiefe werden hingegen nur die Feinporen und in Teilen die Mittelporen wiederaufgefüllt, d. h. die Matrixpotenziale sind > -1000 hPa.

Die hydraulischen Gradienten schwanken im Jahresverlauf zwischen ± 0 und $+380$ zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe sowie ± 0 und $+800$ zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe und zeigen somit eine nahezu rasche und ganzjährige Versickerung (Infiltration). Zwischen der GOK und 30 cm Tiefe zeigen nur vergleichsweise geringe hydraulische Gradienten zwischen ± 0 und 20 (Abbildung 11-14). Ungeachtet der trockenen Sommermonate zwischen Juli und August unterschreitet die nutzbare Wassermenge für Weizen zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht 7,5 Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge zwischen 30 cm und 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt.

Die Unterschiede zwischen dem Vorhaben Nr. 5 mit 68 % NEP (Abbildung 11) und 85 % NEP (Abbildung 12) und dem Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a mit 68 % NEP (Abbildung 13) und 85 % NEP (Abbildung 14) sind gering.

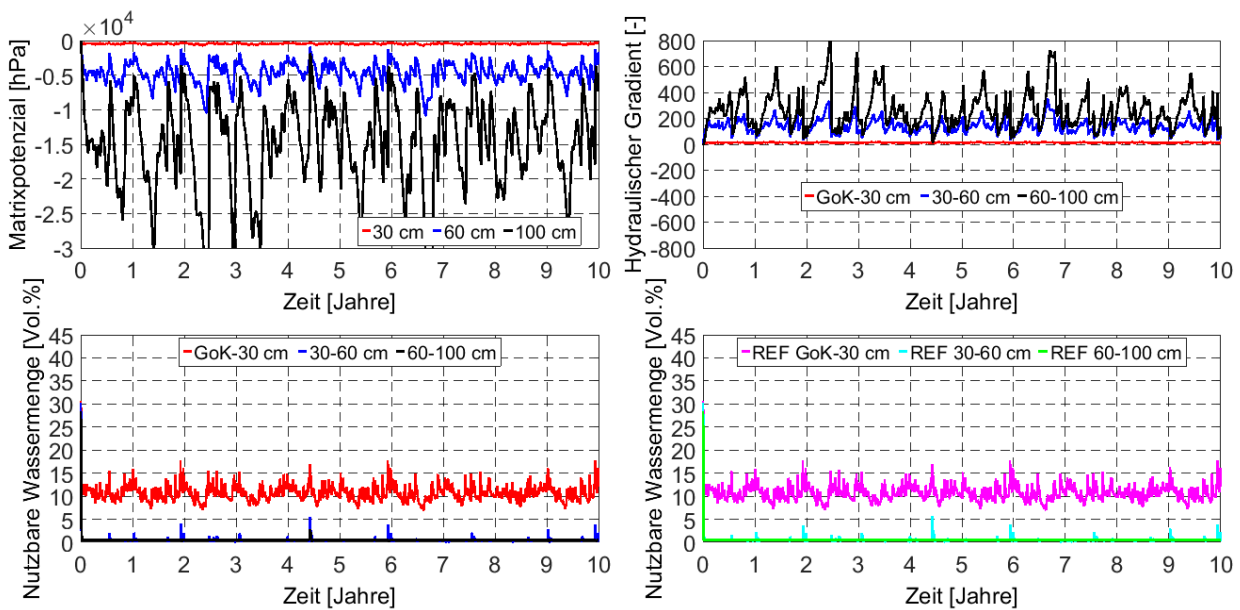


Abbildung 11: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

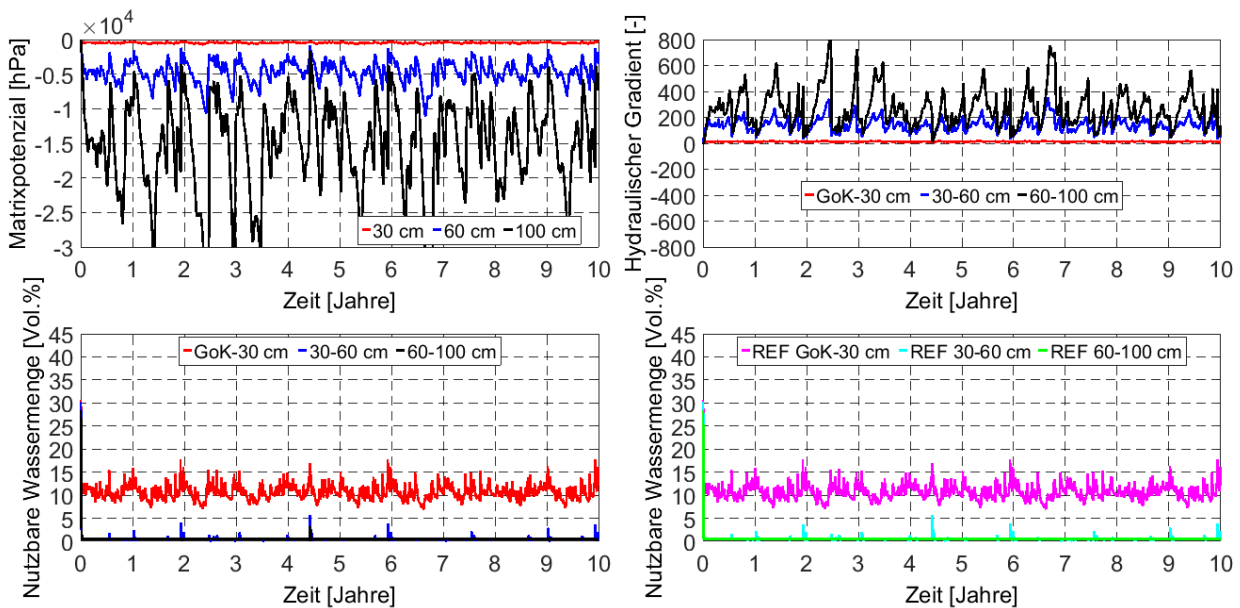


Abbildung 12: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

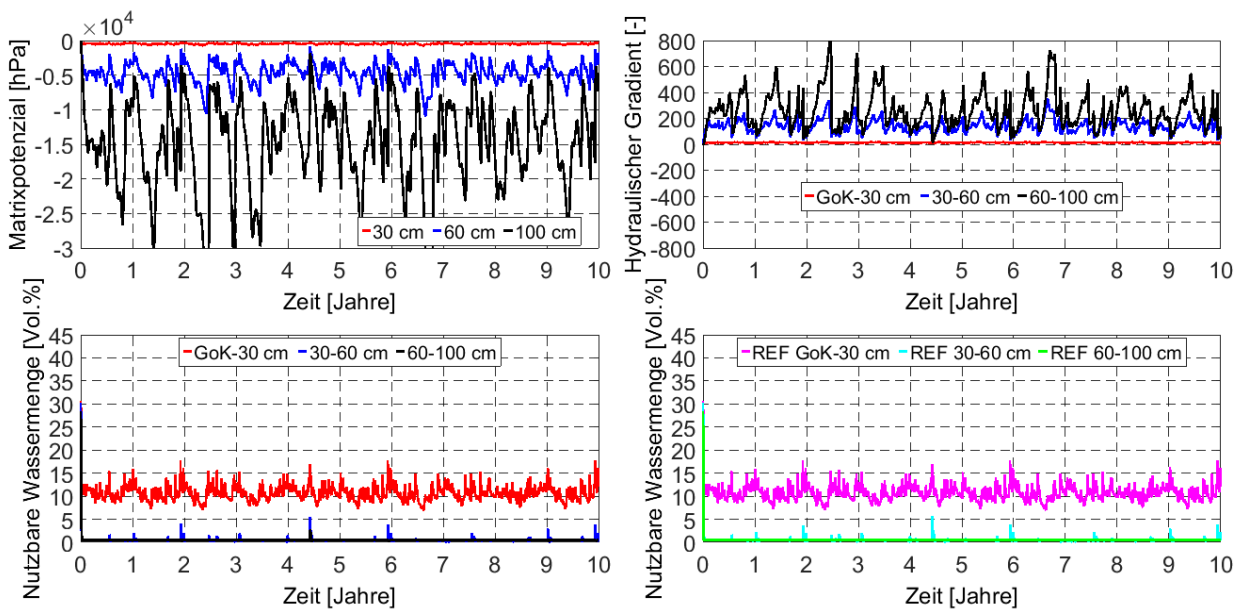


Abbildung 13: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

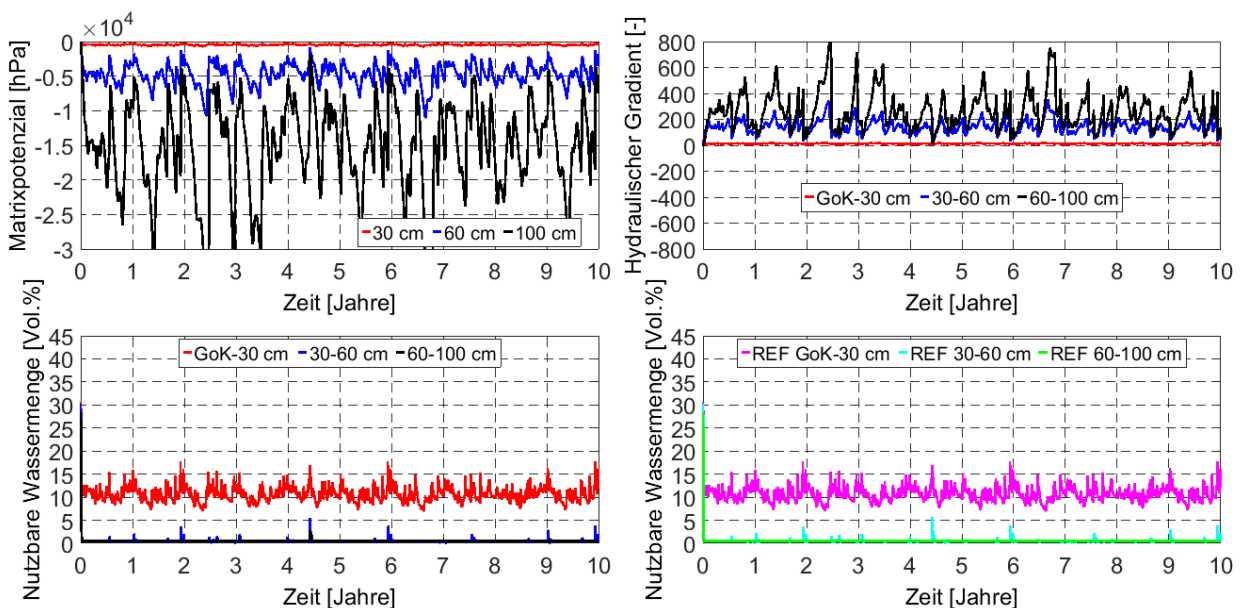


Abbildung 14: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.2 Leitprofil 2 – B0204

Das Leitprofil B0204 wurde bis in eine Tiefe von 180 cm von der HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 (AD-HOC AG BODEN, 2005) aufgenommen. Es handelt sich um eine vergleyte Braunerde (gBB) mit der Horizontfolge Ap/Bv/IICv/IIIGo-elC.

3.2.1 Leitprofil ohne Kabelbetrieb (Referenzwert im Ausgangszustand)

Die Referenzwerte für die Temperatur im Ausgangszustand ohne Kabelbetrieb zeigen an der GOK jahreszeitlich bedingte Schwankungen zwischen -5 °C und 30 °C für Grünland und Weizen sowie zwischen -4 °C und 31 °C für Mais (Abbildung 15). Mit zunehmender Tiefe nimmt der Schwankungsbereich der Temperatur ab und es ist auf einen signifikanten Unterschied zwischen der Bodentemperatur an der GOK und der Lufttemperatur zu verweisen. Die Sättigung variiert bei allen drei Vegetationsformen an der GOK und bis in 30 cm Tiefe zwischen min. 0,55 und max. 0,8, während die Sättigung in 60 cm tiefe > 0,4 sowie in 100 cm und 130 cm Tiefe > 0,05 ist (Abbildung 16).

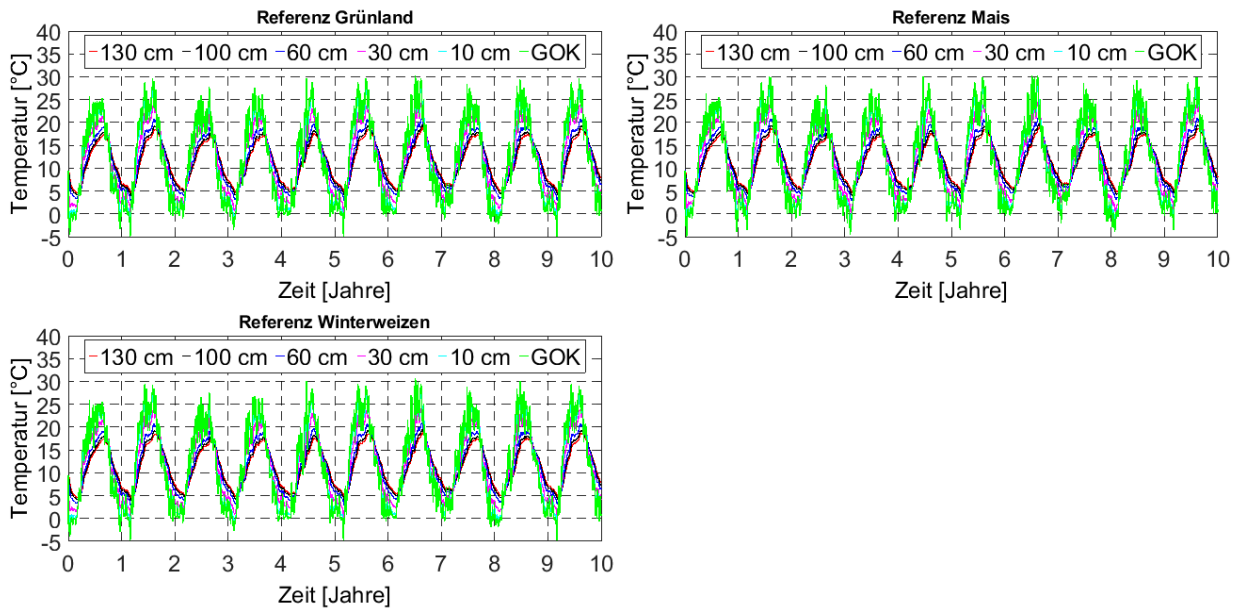


Abbildung 15: Referenzwerte für die Temperatur [°C] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

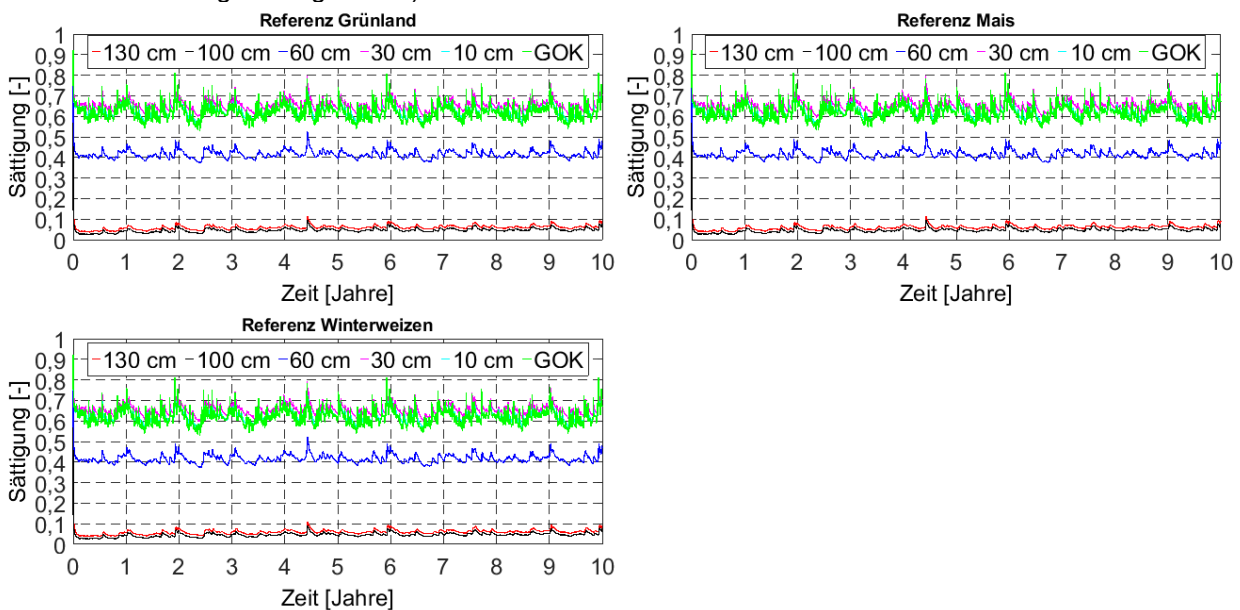


Abbildung 16: Referenzwerte für die Sättigung [-] in 130 cm, 100 cm, 60 cm, 30 cm, 10 cm Tiefe und GOK für Grünland, Mais und Weizen im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.2.2 Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Grünland

3.2.2.1 Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen

Beim Grünland treten in 100 cm Tiefe Matrixpotentiale zwischen -3600 hPa und -1400 hPa auf, wohingegen die Matrixpotentiale in 30 cm Tiefe zwischen -220 hPa und -30 hPa sowie in 60 cm Tiefe zwischen -760 hPa und -280 hPa schwanken. Damit einher geht in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August eines jeden Jahres eine temporäre Entleerung der weiten Grobporen ($\psi_m \geq -60$ hPa), sowie engen Grobporen ($-60 > \psi_m \geq -300$ hPa) und in Teilen der Mittelporen ($-300 > \psi_m \geq -15000$ hPa), aus denen das pflanzenverfügbare Wasserdargebot resultiert. Dies zeigt sich insbesondere im vergleichsweise trockenen 2. Jahr (2010), 6. Jahr (2014) und 10. Jahr (2018). Die auftretenden Herbst- und Winterniederschläge führen bis in 30 cm Tiefe hingegen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen (Abbildung 17-20), d. h. die Matrixpotentiale sind > -30 hPa. In 60 cm und 100 cm Tiefe werden hingegen in Teilen nur die Mittelporen wiederaufgefüllt, d. h. die Matrixpotentiale sind > -1400 hPa.

Die hydraulischen Gradienten schwanken im Jahresverlauf zwischen ± 0 und $+20$ zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe sowie ± 0 und $+75$ zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe und zeigen somit eine nahezu ganzjährige Versickerung (Infiltration). Zwischen der GOK und 30 cm Tiefe zeigen nur vergleichsweise geringe hydraulische Gradienten zwischen ± 0 und $+4$ (Abbildung 17-20). Ungeachtet der trockenen Sommermonate zwischen Juli und August unterschreitet die nutzbare Wassermenge für Grünland zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht 18 Vol.%, zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe nicht 6 Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge sich in 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt.

Die Unterschiede zwischen dem Vorhaben Nr. 5 mit 68 % NEP (Abbildung 17) und 85 % NEP (Abbildung 18) und dem Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a mit 68 % NEP (Abbildung 19) und 85 % NEP (Abbildung 20) sind gering.

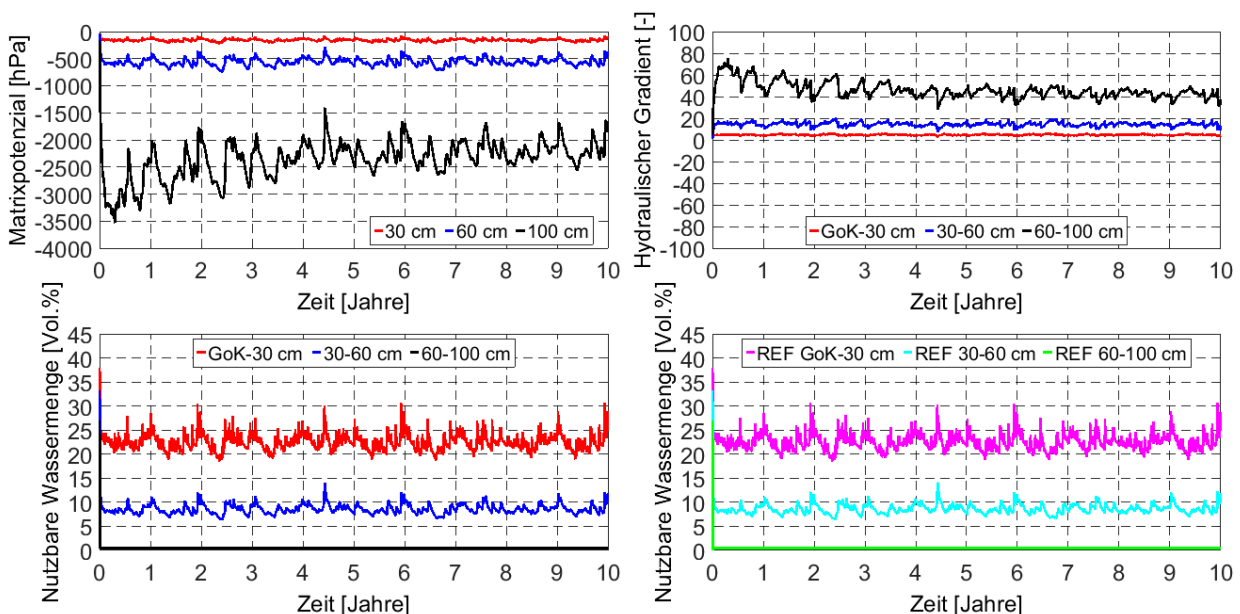


Abbildung 17: Matrixpotentiale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

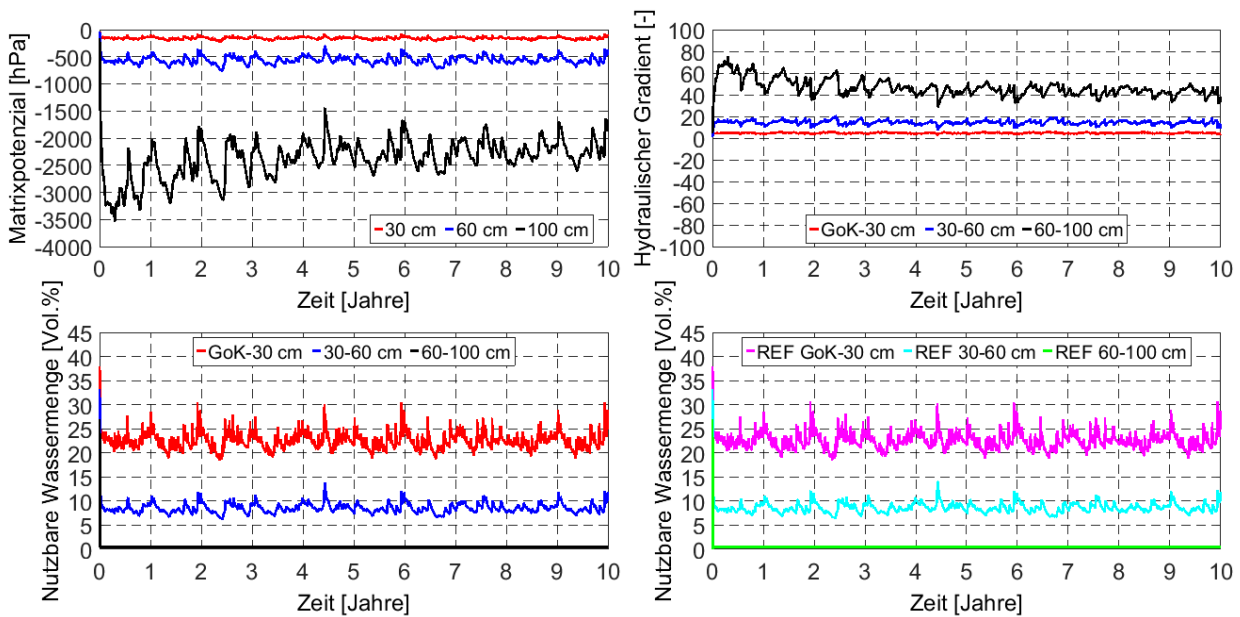


Abbildung 18: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

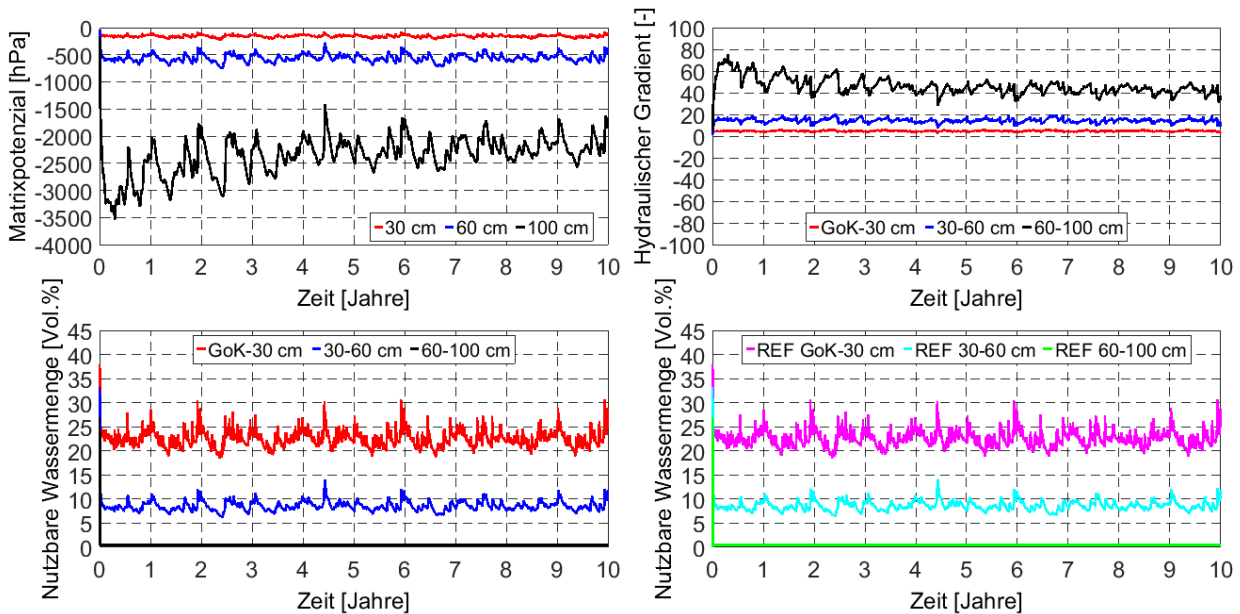


Abbildung 19: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von - 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

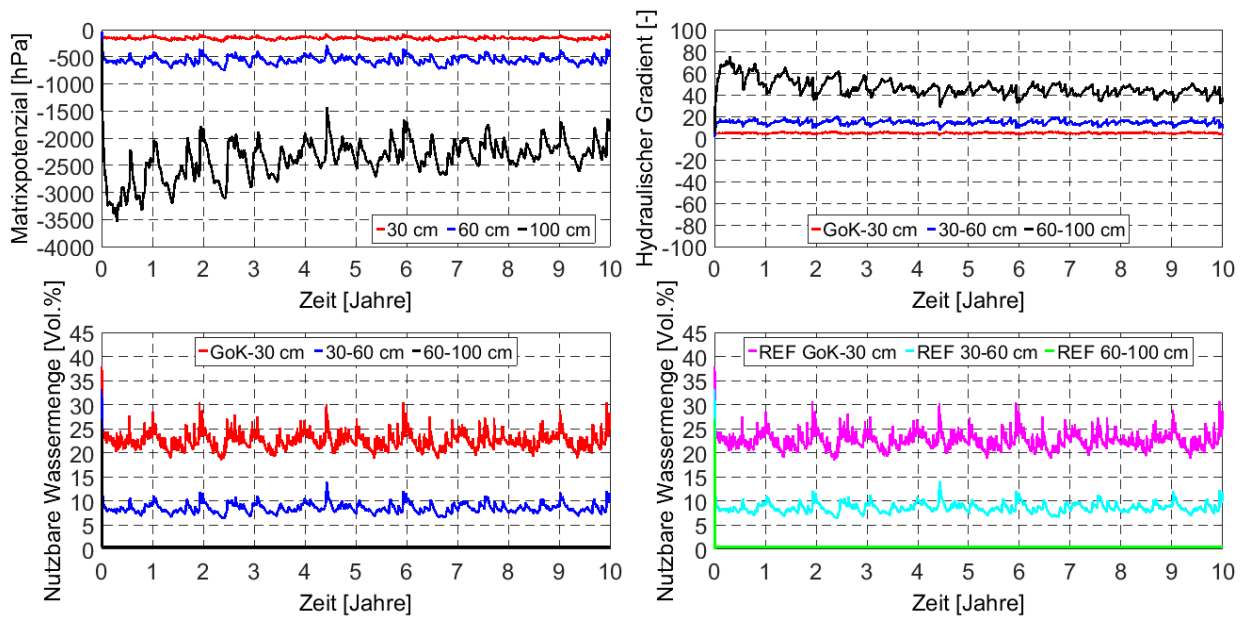


Abbildung 20: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Grünland in 100 cm, 60 cm und 30 cm beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.2.3 Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Mais

3.2.3.1 Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen

Beim Mais treten in 100 cm Tiefe Matrixpotenziale zwischen -3500 hPa und -1350 hPa auf, wohingegen die Matrixpotenziale in 30 cm Tiefe zwischen -220 hPa und -30 hPa sowie in 60 cm Tiefe zwischen -760 hPa und -250 hPa schwanken. Damit einher geht in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August eines jeden Jahres eine temporäre Entleerung der weiten Grobporen ($\psi_m \geq -60$ hPa), sowie engen Grobporen ($-60 > \psi_m \geq -300$ hPa) und in Teilen der Mittelporen ($-300 > \psi_m \geq -15000$ hPa), aus denen das pflanzenverfügbare Wasserdargebot resultiert. Dies zeigt sich insbesondere im vergleichsweise trockenen 2. Jahr (2010), 6. Jahr (2014) und 10. Jahr (2018). Die auftretenden Herbst- und Winterniederschläge führen bis in 30 cm Tiefe hingegen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen (Abbildung 21-24), d. h. die Matrixpotenziale sind > -30 hPa. In 60 cm und 100 cm Tiefe werden hingegen in Teilen die Mittelporen wiederaufgefüllt, d. h. die Matrixpotenziale sind > -1350 hPa.

Die hydraulischen Gradienten schwanken im Jahresverlauf zwischen ± 0 und $+20$ zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe sowie ± 0 und $+70$ zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe und zeigen somit eine nahezu ganzjährige Versickerung (Infiltration). Zwischen der GOK und 30 cm Tiefe zeigen nur vergleichsweise geringe hydraulische Gradienten zwischen ± 0 und $+4$ (Abbildung 21-24). Ungeachtet der trockenen Sommermonate zwischen Juli und August unterschreitet die nutzbare Wassermenge für Mais zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht 19 Vol.%, zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe nicht 7 Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge sich in 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt.

Die Unterschiede zwischen dem Vorhaben Nr. 5 mit 68 % NEP (Abbildung 21) und 85 % NEP (Abbildung 22) und dem Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a mit 68 % NEP (Abbildung 23) und 85 % NEP (Abbildung 24) sind gering.

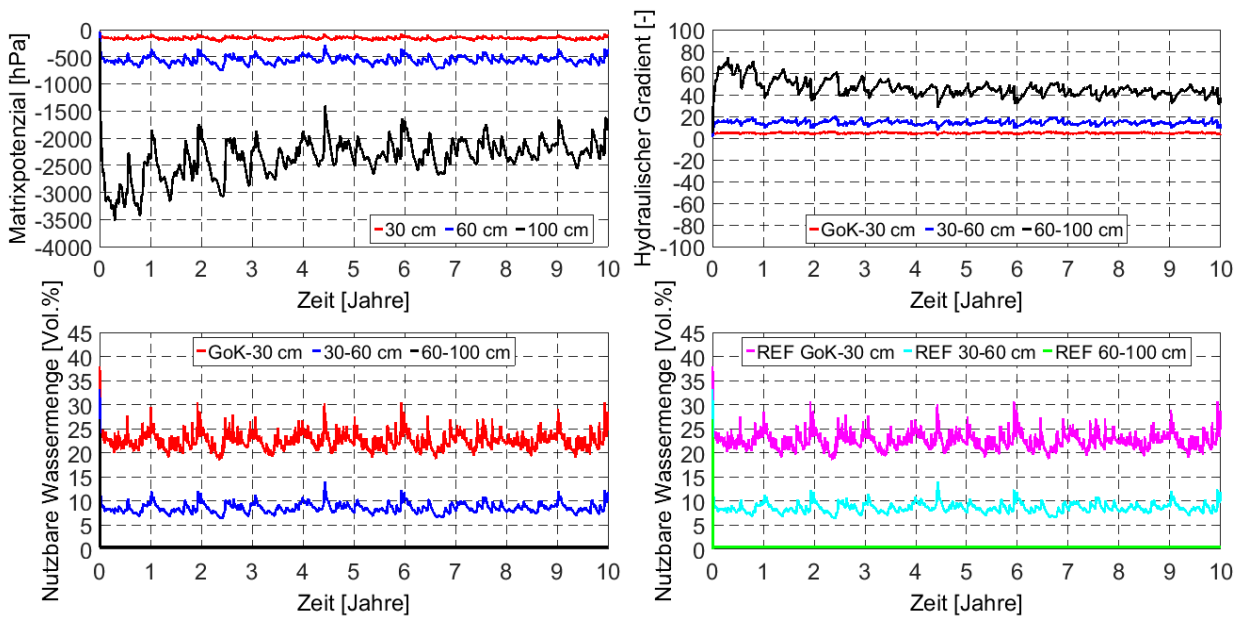


Abbildung 21: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

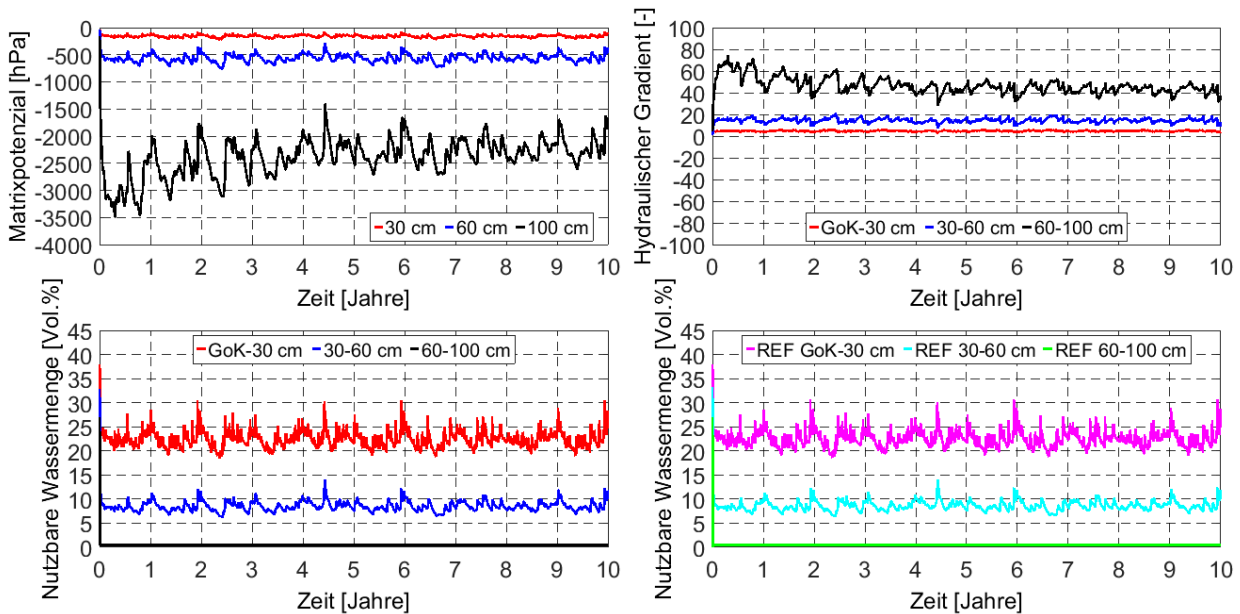


Abbildung 22: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

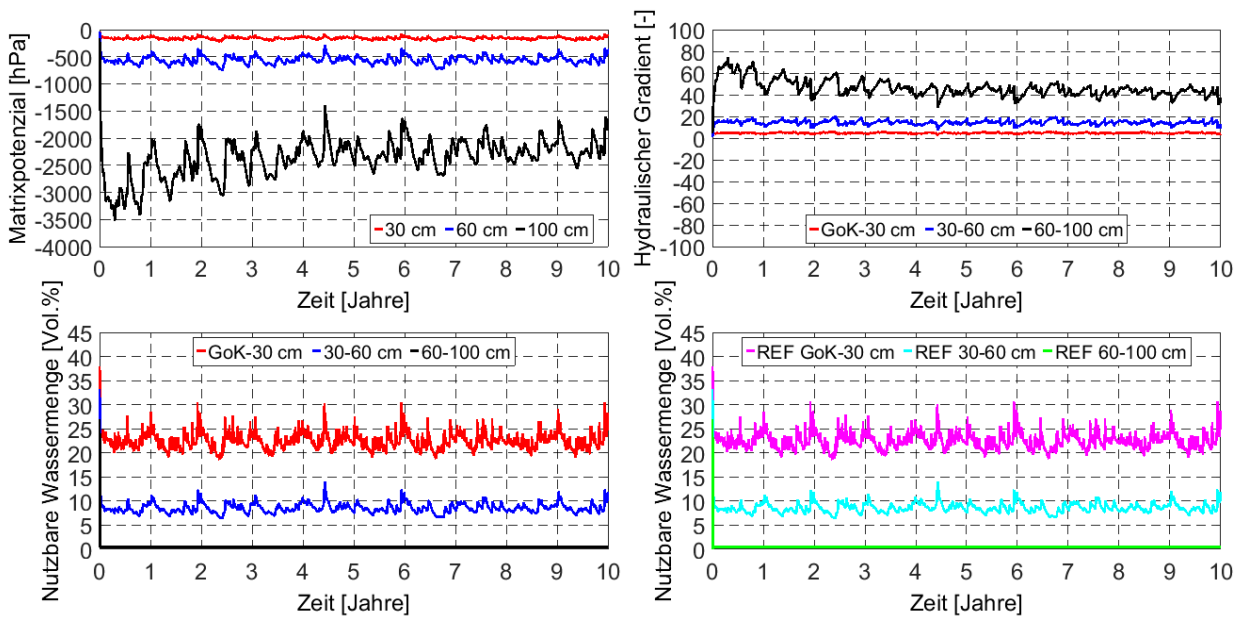


Abbildung 23: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

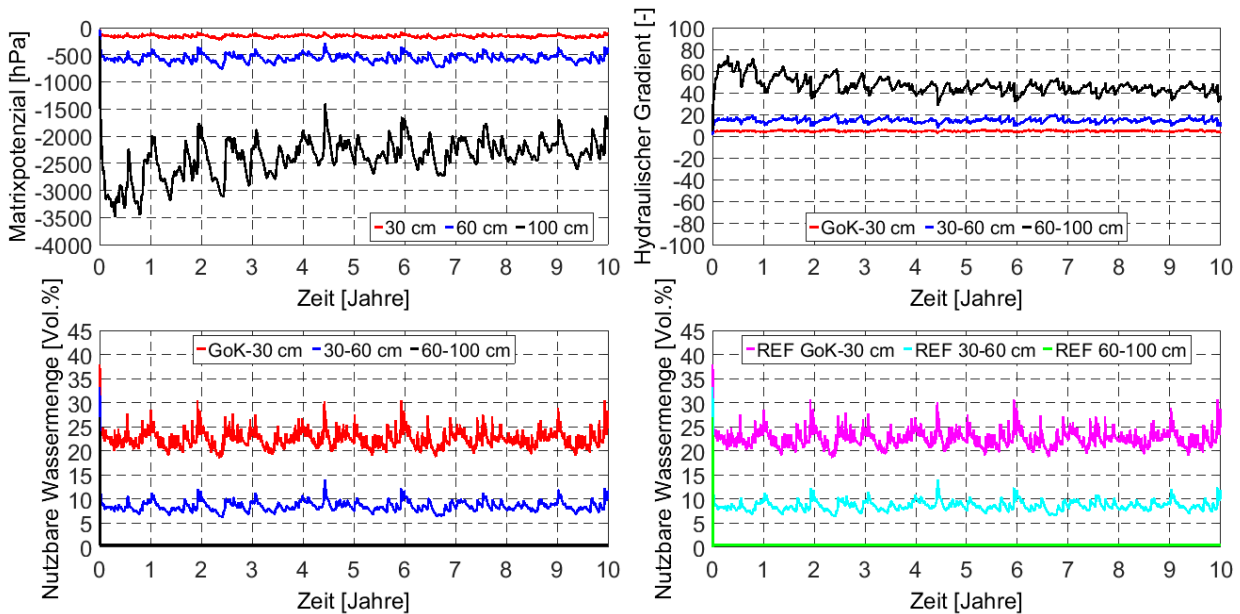


Abbildung 24: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Mais in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

3.2.4 Ergebnisse unter Kabelbetrieb für Weizen

3.2.4.1 Zeit- und tiefenabhängige Änderung der Matrixpotentiale, der hydraulischen Gradienten und der nutzbaren Wassermengen

Beim Weizen treten in 100 cm Tiefe Matrixpotentiale zwischen -3550 hPa und -1450 hPa auf, wohingegen die Matrixpotentiale in 30 cm Tiefe zwischen -220 hPa und -30 hPa sowie in 60 cm Tiefe zwischen -750 hPa und -290 hPa schwanken. Damit einher geht in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August eines jeden Jahres eine temporäre Entleerung der weiten Grobporen ($\psi_m \geq -60$ hPa), sowie engen Grobporen ($-60 > \psi_m \geq -300$ hPa) und in Teilen der Mittelporen ($-300 > \psi_m \geq -15000$ hPa), aus denen das pflanzenverfügbare Wasserdargebot resultiert. Dies zeigt sich insbesondere im vergleichsweise trockenen 2. Jahr (2010), 6. Jahr (2014) und 10. Jahr (2018). Die auftretenden Herbst- und Winterniederschläge führen bis in 30 cm Tiefe hingegen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen (Abbildung 25-28), d. h. die Matrixpotentiale sind > -30 hPa. In 60 cm und 100 cm Tiefe werden hingegen in Teilen nur die Mittelporen wiederaufgefüllt, d. h. die Matrixpotentiale sind > -1450 hPa.

Die hydraulischen Gradienten schwanken im Jahresverlauf zwischen ± 0 und $+20$ zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe sowie ± 0 und $+70$ zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe und zeigen somit eine nahezu ganzjährige Versickerung (Infiltration). Zwischen der GOK und 30 cm Tiefe zeigen nur vergleichsweise geringe hydraulische Gradienten zwischen ± 0 und $+4$ (Abbildung 25-28). Ungeachtet der trockenen Sommermonate zwischen Juli und August unterschreitet die nutzbare Wassermenge für Weizen zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht 18 Vol.%, zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe nicht 7 Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge sich in 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt.

Die Unterschiede zwischen dem Vorhaben Nr. 5 mit 68 % NEP (Abbildung 25) und 85 % NEP (Abbildung 26) und dem Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a mit 68 % NEP (Abbildung 27) und 85 % NEP (Abbildung 28) sind gering.

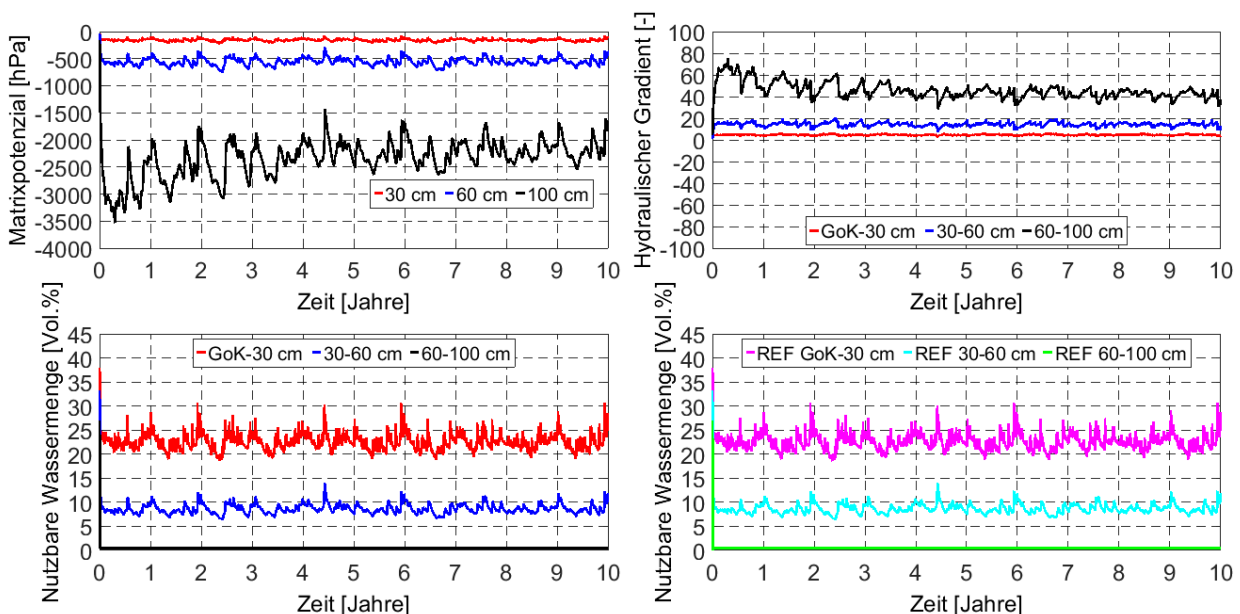


Abbildung 25: Matrixpotentiale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

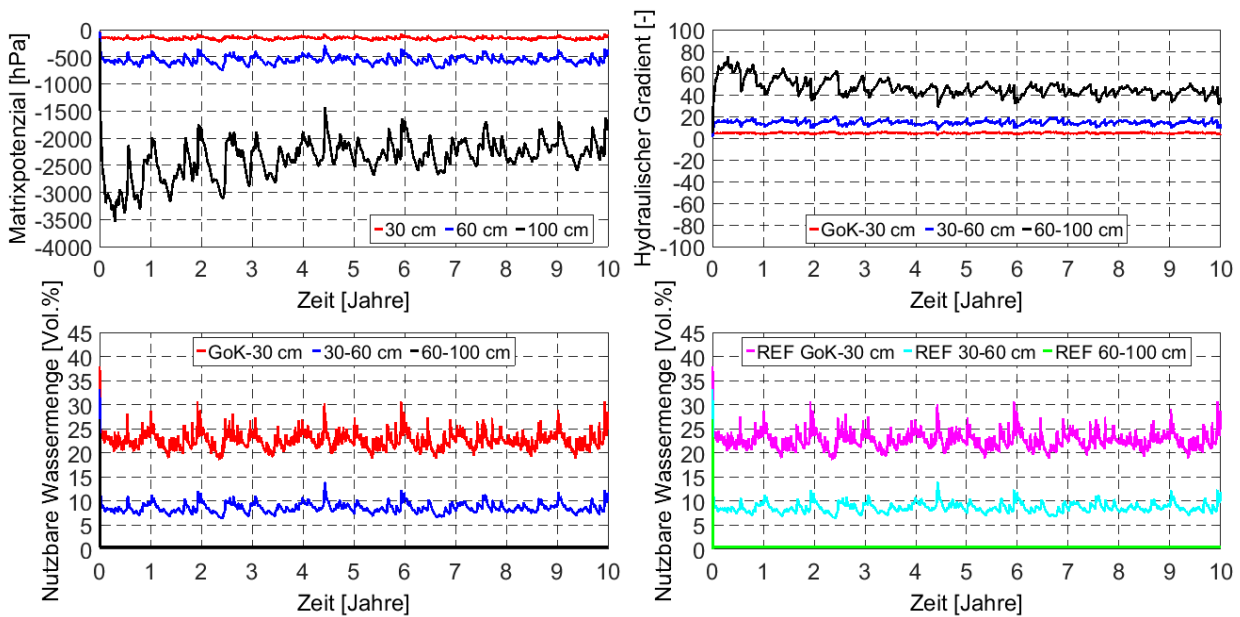


Abbildung 26: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von + 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

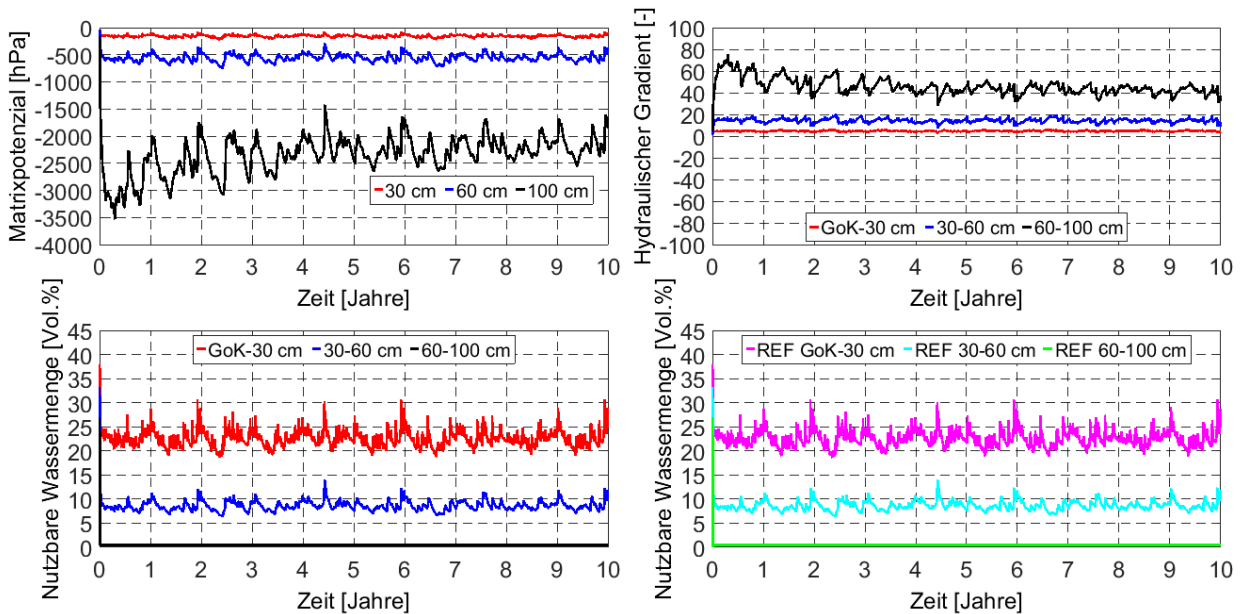


Abbildung 27: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 68 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

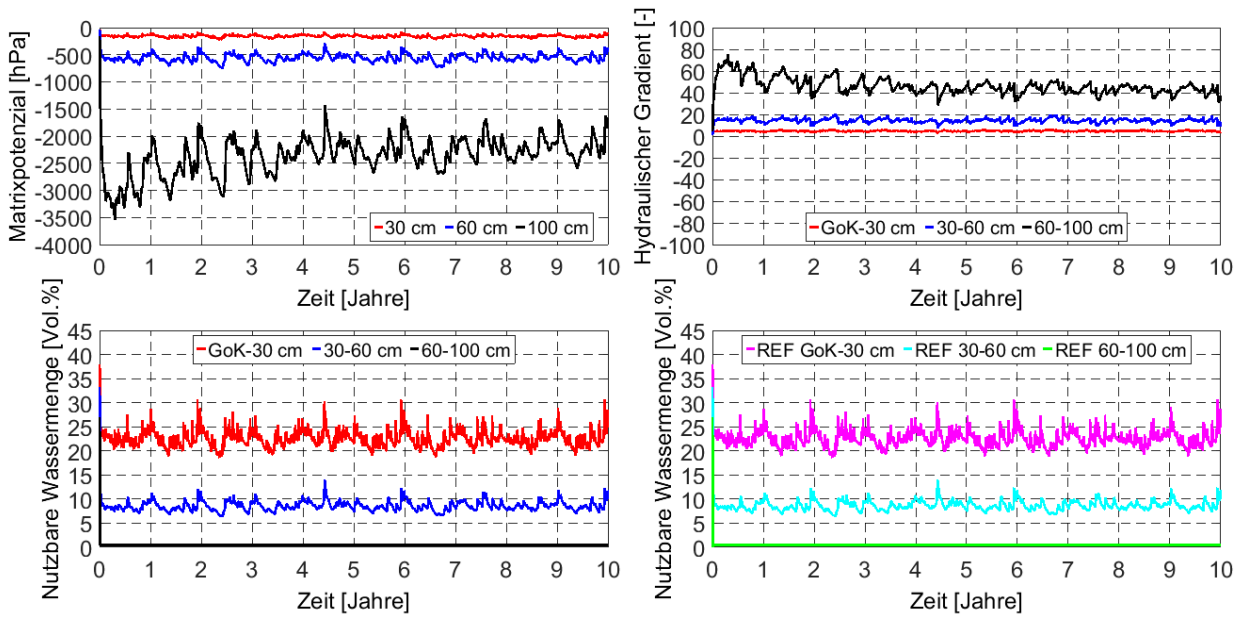


Abbildung 28: Matrixpotenziale [hPa], hydraulische Gradienten [-] und nutzbare Wassermengen [Vol.%], ergänzt um die Referenz (REF), für das Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme) für 85 % NEP und Weizen in 100 cm, 60 cm und 30 cm Tiefe beim Abstand von – 4 m (1D Abtastpunkt) im Zeitraum von 10 Jahren (Quelle: GeoAnalysis-Engineering GmbH).

4 Zusammenfassende Betrachtung des Bodenwasserhaushaltes, temperatur- und sättigungsabhängige Einwirkungen auf Pflanzen; Landwirtschaft und Erträge

Die Simulationsergebnisse für den betrachteten Zeitraum von 10 Jahren zeigen, dass in den trockenen Sommermonaten zwischen Juli und August bei beiden Leitprofilen die weiten und engen Grobporen sowie die Mittelporen und beim Leitprofil S0128 zudem auch kurzfristig die Feinporen entleert werden. Die darauffolgenden Niederschläge im Spätsommer und Herbst führen bei beiden Leitprofilen zu einer Wiederauffüllung der Bodenwasservorräte in den oberen 30 cm und folglich zu einer weitgehenden Aufsättigung der engen Grobporen und Mittelporen sowie in Teilen der weiten Grobporen. Demgegenüber werden in 60 cm und 100 cm Tiefe nur Teile der Mittelporen und beim Leitprofil S0128 ergänzend die Feinporen wiederaufgefüllt. Die wesentlichen Gründe dafür sind die hohen Wasserleitfähigkeiten im Bereich von 10^{-4} m/s, weshalb das Niederschlagswasser sehr schnell in den Unterboden infiltrieren kann, ein hoher Sandanteil zwischen 68 % und 90 %, der mit einer geringen pflanzenverfügbaren Wassermenge einher geht, sowie Steingehalte zwischen 70 % und 75 %.

Bei den zu betrachteten Leitprofilen ist von einer maximalen Durchwurzelung, wie für die meisten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zutreffend, bis in eine Profiltiefe zwischen 100 cm und 140 cm auszugehen, während die Hauptwurzelmasse in den oberen 50 cm bis 80 cm Tiefe verortet werden kann (DIEPENBROCK, ELLMER UND LÉON 2012; KNAUFF 2021).

Dementsprechend zeigen sich für die Vorhaben Nr. 5 (1 Kabelsystem) sowie Nr. 5 und Nr. 5a (2 Kabelsysteme), 68 % NEP und 85 % NEP sowie jeweils für Grünland, Mais und Weizen im betrachteten Zeitraum nutzbare Wassermengen, die beim Leitprofil S0128 zwischen GOK und 30 cm Tiefe 7 Vol.% nicht unterschreiten, während sich die nutzbare Wassermenge zwischen 30 cm und 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt. Demgegenüber unterschreiten die nutzbaren Wassermengen beim Leitprofil B0204 zwischen GOK und 30 cm Tiefe nicht 18 Vol.%, zwischen 30 cm und 60 cm Tiefe nicht 6 Vol.%, während sich die nutzbare Wassermenge sich in 100 cm Tiefe zumeist im Bereich von 0,05 Vol. % bewegt. Das bedeutet, dass selbst bei maximalen Verdunstungsraten von 4 Vol.% pro Tag ($0,04 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$) für das Grünland in der Hauptdurchwurzelungszone in 20 cm bis 30 cm Tiefe ein hinreichender Wasservorrat zur Verfügung stehen sollte.

Jedoch zeigen sich für beide Leitprofile im betrachteten Zeitraum im Unterboden zwischen 60 cm und 100 cm Tiefe nutzbare Wassermengen, die nur phasenweise 0,05 Vol.% überschreiten. Folglich steht hier dem Mais und dem Winterweizen in der Hauptdurchwurzelungszone in 50 cm bis 80 cm Tiefe bei maximalen Verdunstungsraten von 4 Vol.% phasenweise kein ausreichender Wasservorrat zur Verfügung. Der damit einhergehende Trockenstress kann während länger anhaltender Trockenphasen die Erträge verringern und den Zeitpunkt von Blüte und Reifestadium für alle drei Vegetationsformen verschieben. Dies konnte im Untersuchungszeitraum (10 Jahre) jedoch nicht nachgewiesen werden.

Ein hinreichendes Wasserdargebot ist dahingehend wichtig, da in der Blütephase der Wasserbedarf für den Mais (Juli-September; $15 \text{ mm}/\text{m}^2$ pro Ertrag t/ha), Winterweizen (ca. Anfang Juli; $60\text{-}85 \text{ mm}/\text{m}^2$ pro Ertrag t/ha) und Grünland (1. Schnitt Anfang Mai; $2\text{-}3 \text{ mm}/\text{m}^2$ pro Ertrag t/ha) jeweils das Maximum erreicht (HANUS, HEYLAND UND KELLER 2008). Jedoch kann Wärme, atmosphärisch oder durch den Kabelbetrieb bedingt, das Wurzelwachstum in unterschiedlicher Weise und Intensität beeinflussen und eine erhöhte Bodentemperatur kann sich auf das Wurzelwachstum auswirken (MUTHERT UND IZZO 2020). Die Auswirkungen des Kabelbetriebs auf die Erträge und phänologische Entwicklung für Mais, Grünland und Winterweizen werden für die betreffenden Leitprofile im Bericht Teil E4.3 Ertragsberechnungen ausführlich beschrieben.

5 Literaturverzeichnis

AD-HOC AG BODEN (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung. 5., verb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schweizerbart.

DIEPENBROCK, W., ELLMER, F. UND LÉON, J. (2012). Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung 102 Tabellen. 3., völlig neu bearb. und erw. Aufl., Grundwissen Bachelor. 3., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Stuttgart: Ulmer. Available at: http://slubdd.de/katalog?TN_libero_mab215808911.

HANUS, H., HEYLAND, K.-U. UND KELLER, E.R. (2008). Handbuch des Pflanzenbaues. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer Verlag (Band 2: Getreide und Futtergräser).

KNAUFF, U. (2021). Gesamtgutachterliche Beurteilung der Boden- und Ertragsuntersuchungen innerhalb der Erdkabeltrasse Raesfeld. Available at: [https://www.amprion.net/Dokumente/%C3%9Cbertragungsnetz/Raesfeld-Gesamtbeurteilung-Knauff-\(18.08.21\).pdf](https://www.amprion.net/Dokumente/%C3%9Cbertragungsnetz/Raesfeld-Gesamtbeurteilung-Knauff-(18.08.21).pdf).

MUTHERT, L.W.F. UND IZZO, L.G. (2020). Root Tropisms: Investigations on Earth and in Space to Unravel Plant Growth Direction, *Frontiers in Plant Science*, 10, p. 22.

6 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AC	Bezeichnung für Wechselstrom (engl. alternating current)
AG	Auftraggeber
BBPIG	Bundesbedarfsplangesetz
BNetzA	Bundesnetzagentur
DC	Gleichstrom (engl. direct current)
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DIN EN	Standard für Vereinheitlichung (Deutsches Institut für Normung)
FAU	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
EuGH	Europäischer Gerichtshof
GOK	Geländeoberkante
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung 5
KV	Kilovolt (1.000 V)
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LBodSchG	Landesbodenschutzgesetz
N2000	Natura-2000-Netzwerk
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
NEP	Netzentwicklungsplan
PFA	Planfeststellungsabschnitt
pF-Wert	dekadischer Logarithmus des Betrags der Bodenwasserspannung [hPa]
SOL	SuedOstLink
TTG	TenneT TSO GmbH
TV	Trassenvorschlag
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VHT	Vorhabenträger