

Kathodischer Korrosionsschutz bei Offshore-Windenergieanlagen

Lisa Herter, M.Sc.

Steffel KKS GmbH

Im Bulloh 6

29331 Lachendorf

Tel.: +49 5145 9891310

E-Mail: lisa.herter@steffel.com

Vortragsinhalt

1. Zertifizierungen im Bereich KKS
2. Grundlagen des KKS
3. Untersuchung unterschiedlicher Fremdstromkonzepte am Beispiel von Monopile-Fundamenten
4. Zusammenfassung und Fazit

Vortragsinhalt

- 1. Zertifizierungen im Bereich KKS**
2. Grundlagen des KKS
3. Untersuchung unterschiedlicher Fremdstromkonzepte am Beispiel von Monopile-Fundamenten
4. Zusammenfassung und Fazit

Firmenzertifizierung

DVGW GW11:2013 - Qualifikationsanforderungen für Fachunternehmen des kathodischen Korrosionsschutzes

- Behälter, Behältergruppen, Tanks u.a.
- Rohrfernleitungen, Rohrnetze
- Komplexe Anlagen
- Bohrlochverrohrung
- **Offshore**
- Stahl in Beton
- Innenschutz

Sachverständigenzertifizierung

DVGW GW101:2013 - Qualifikationsanforderungen an Sachverständige für den Korrosionsschutz : Passiver und kathodischer Korrosionsschutz

- erdverlegte Anlagen, **Offshore**, Stahlbeton, Behälterinnenschutz

Personenzertifizierung

DIN EN 15257:2007 - Qualifikationsgrade und Zertifizierung von für den kathodischen Korrosionsschutz geschultem Personal

- A1: Grundlagen
- A2: Unterirdische Anlagen und Anlagen in Böden
- **A3: Metallische Anlagen in Meeresnähe**
- A4: Anlagen aus Stahlbeton
- A5: Innenschutz

→ Grad 1, 2 und 3

Personenzertifizierung

NACE International - Cathodic Protection

- CP1 – Cathodic Protection Tester
- CP2 – Cathodic Protection Technician
- CP2 – Cathodic Protection Technician – Maritime
- CP3 – Cathodic Protection Technologist
- CP4 – Cathodic Protection Specialist

Vortragsinhalt

1. Zertifizierungen im Bereich KKS
- 2. Grundlagen des KKS**
3. Untersuchung unterschiedlicher Fremdstromkonzepte am Beispiel von Monopile-Fundamenten
4. Zusammenfassung und Fazit

Funktionsprinzip des KKS

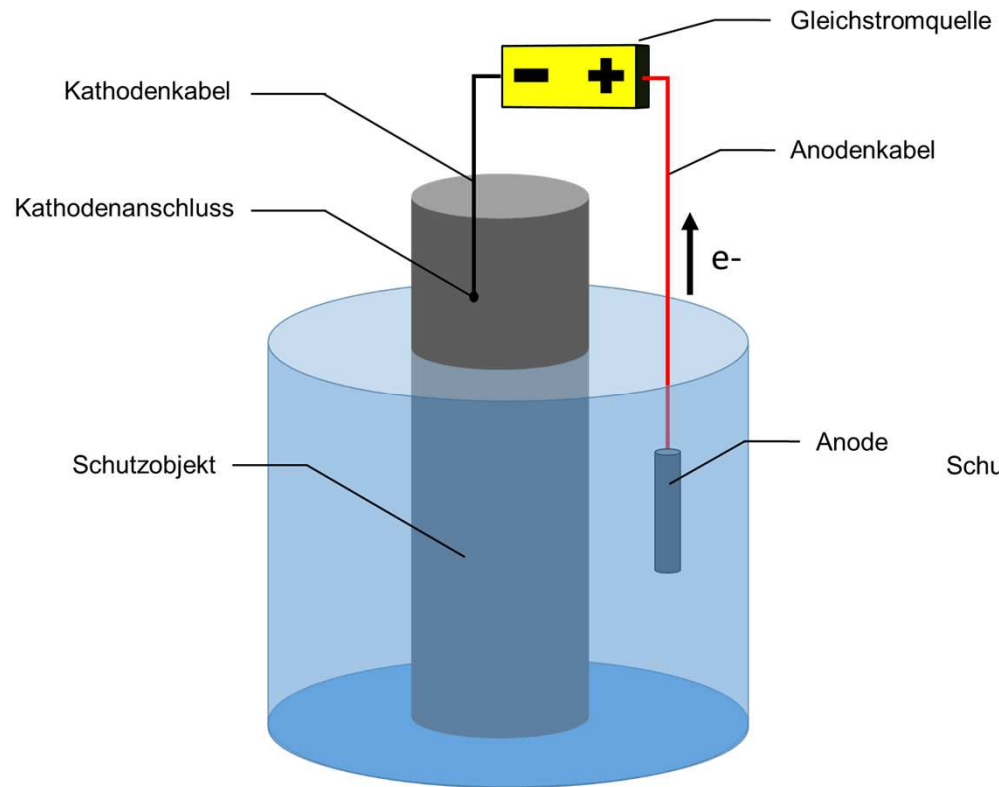
Beim kathodischen Korrosionsschutz wird durch Einspeisen eines Stromes das Metall soweit kathodisch polarisiert, bis das **Schutzpotential** erreicht ist und die Korrosionsgeschwindigkeit bzw. der Metallabtrag auf den vernachlässigbaren und maximal zulässigen Wert von $10\mu\text{m}$ pro Jahr herabgesenkt wird.

Schutzpotential gemäß DIN EN 12473:2014

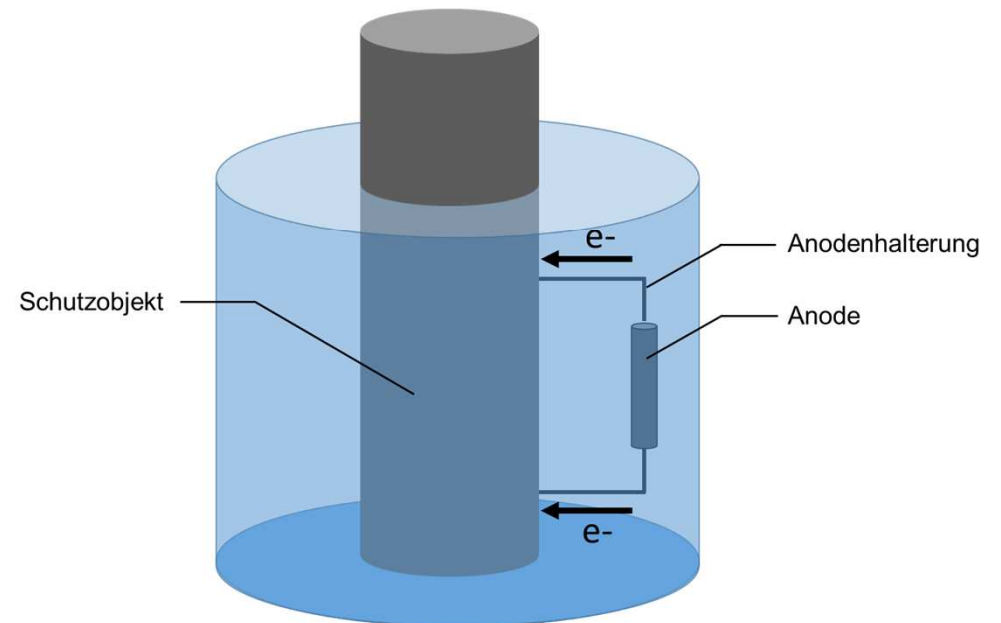
Werkstoff	Bereich des Schutzpotentials (Ag/AgCl/Meerwasser)	
	Mindestwert des negativen Potentials	Höchstwert des negativen Potentials
Kohlenstoff-Mangan- und niedriglegierte Stähle mit einer SMYS gleich oder kleiner als 550 N/mm²	-0,80 V	-1,10 V
	-0,90 V	-1,10 V

KKS-Systeme

Fremdstrom



Galvanische Anoden



Galvanische Systeme vs. Fremdstromsysteme

Galvanische Anoden

- **Keine äußere Stromzufuhr erforderlich**
- **Einfache Installation**
- **Beeinflussungen benachbarter Anlagen unwahrscheinlich**

- **Verwendung nur in Böden und Gewässern mit niedrigem spez. Widerstand**
- **Relativ geringe Anodenlebensdauer**
- **Geringe Reichweite pro Anode**
- **Begrenzte und selbstregelnde Schutzstromabgabe**
- **Fernüberwachung problematisch; Fernsteuerung nicht möglich**
- **Eintrag von Metallen in die Meeresumwelt**

Galvanische Systeme vs. Fremdstromsysteme

Fremdstrom

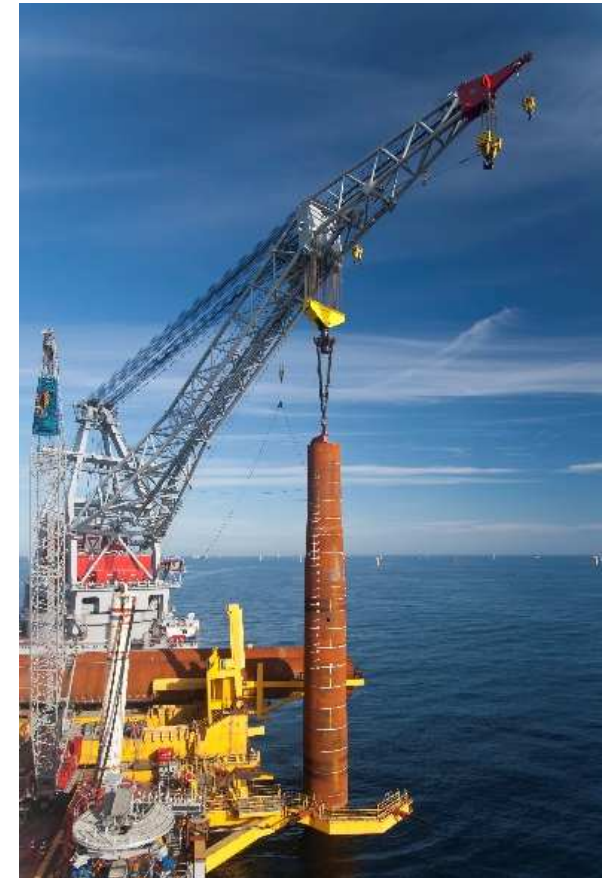
- **Verwendung auch in Böden und Gewässern mit hohem spez. Widerstand**
- **Hohe Anodenlebensdauer**
- **Große Reichweite pro Anode**
- **Regelbare Schutzstromabgabe (manuell oder automatisch)**
- **Fernüberwachung und Fernsteuerung möglich**

- **Äußere Stromzufuhr erforderlich**
- **Komplexe Installation**
- **Chlorgasentwicklung an der Anode in geschlossenen Systemen**

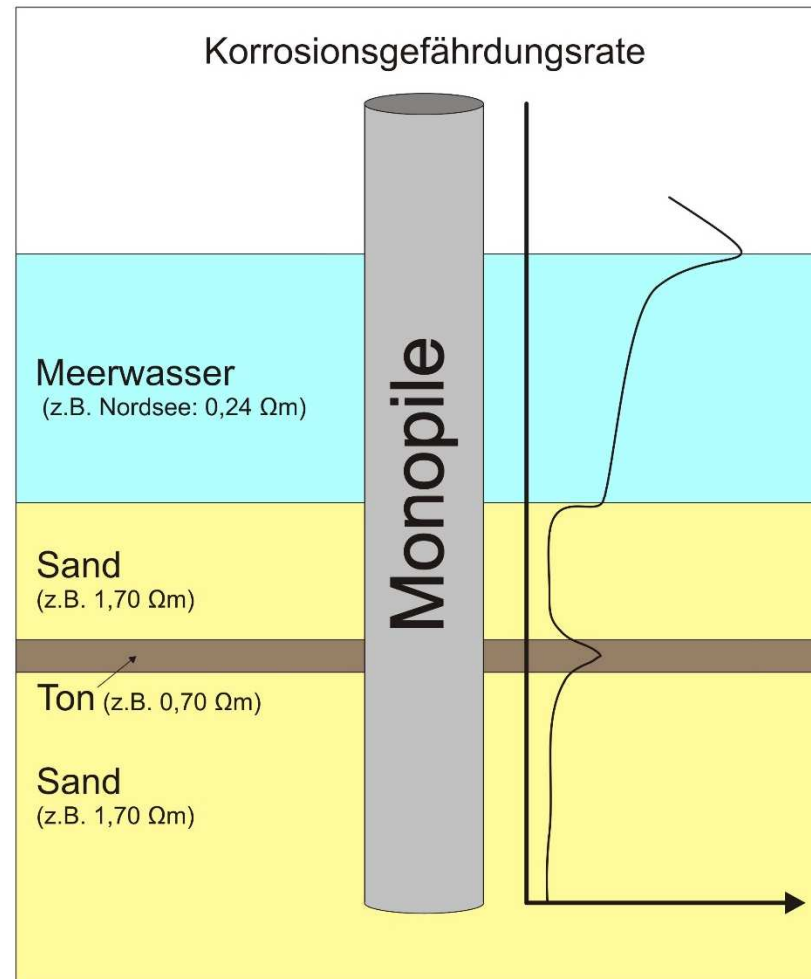
- **Beeinflussungen benachbarter Anlagen bei ungünstiger Auslegung möglich**

Galvanische Systeme vs. Fremdstromsysteme

- Fremdstromsysteme schneiden im technischen Vergleich besser ab als galvanische Systeme!
- Wie sieht das optimale Fremdstromkonzept bei einer Offshore-Windenergieanlage mit Monopile-Fundament aus?



Korrosionsgefährdung im Sediment



Anmerkung: spez. elektrischer Elektrolytwiderstand aus DIN 81249-1:2011 und DIN EN 12495:2000

Vortragsinhalt

1. Zertifizierungen im Bereich KKS
2. Grundlagen des KKS
- 3. Untersuchung unterschiedlicher Fremdstromkonzepte am Beispiel von Monopile-Fundamenten**
4. Zusammenfassung und Fazit

Ziel der Untersuchung

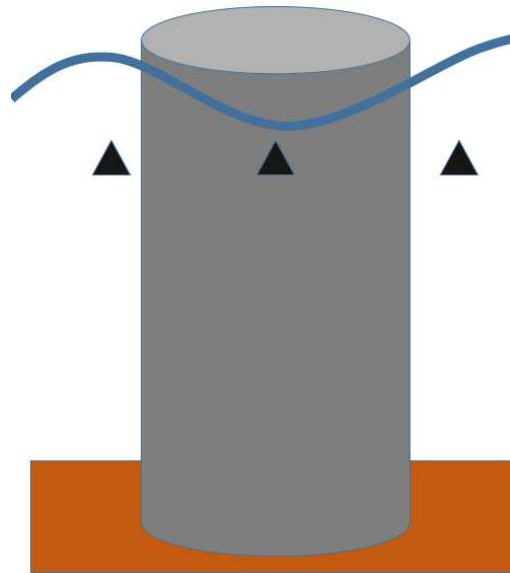
Ermittlung des Einflusses der Anodenordnung auf die Potentialverteilung an der Außenfläche eines Monopile-Fundaments im Wasser und Sediment durch FEM-Simulation

Ziel der Untersuchung

- **Studie 1a:**

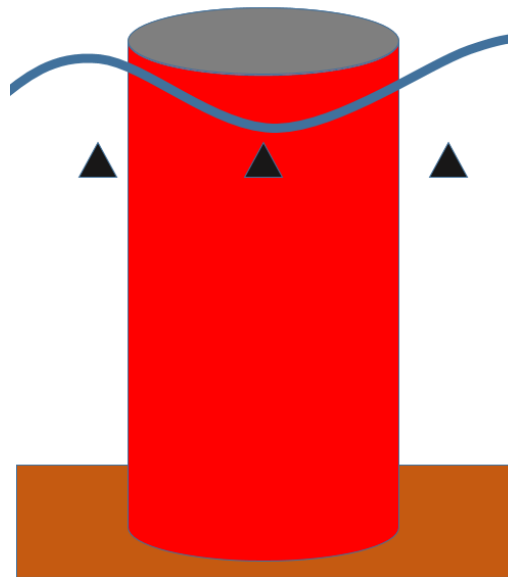
3 Anoden ($\varnothing = 0,4\text{m}$) im Wasser nahe der Wasseroberfläche mit geringem Abstand ($1,5\text{m}$) zum Monopile (Unterwasserbereich **unbeschichtet**)

→ häufig vorgefundenes Fremdstromkonzept



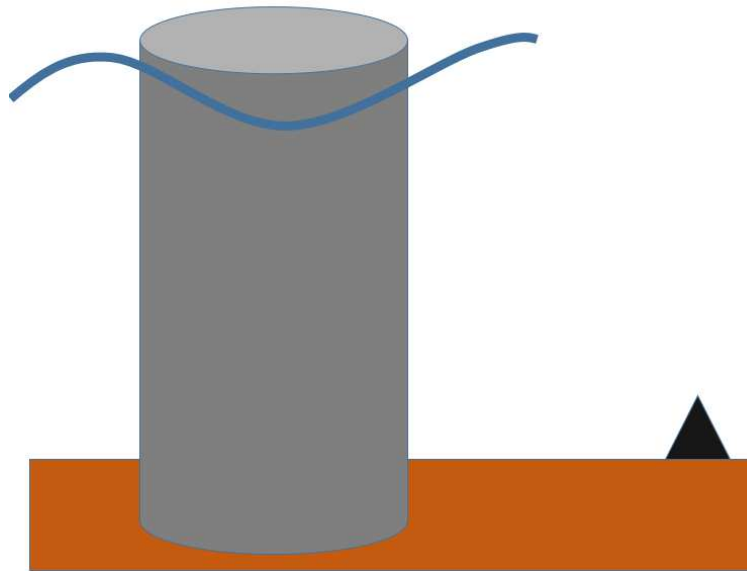
Ziel der Untersuchung

- **Studie 1b:**
3 Anoden ($\varnothing = 0,4\text{m}$) im Wasser nahe der Wasseroberfläche mit geringem Abstand ($1,5\text{m}$) zum Monopile (Unterwasserbereich **beschichtet**)



Ziel der Untersuchung

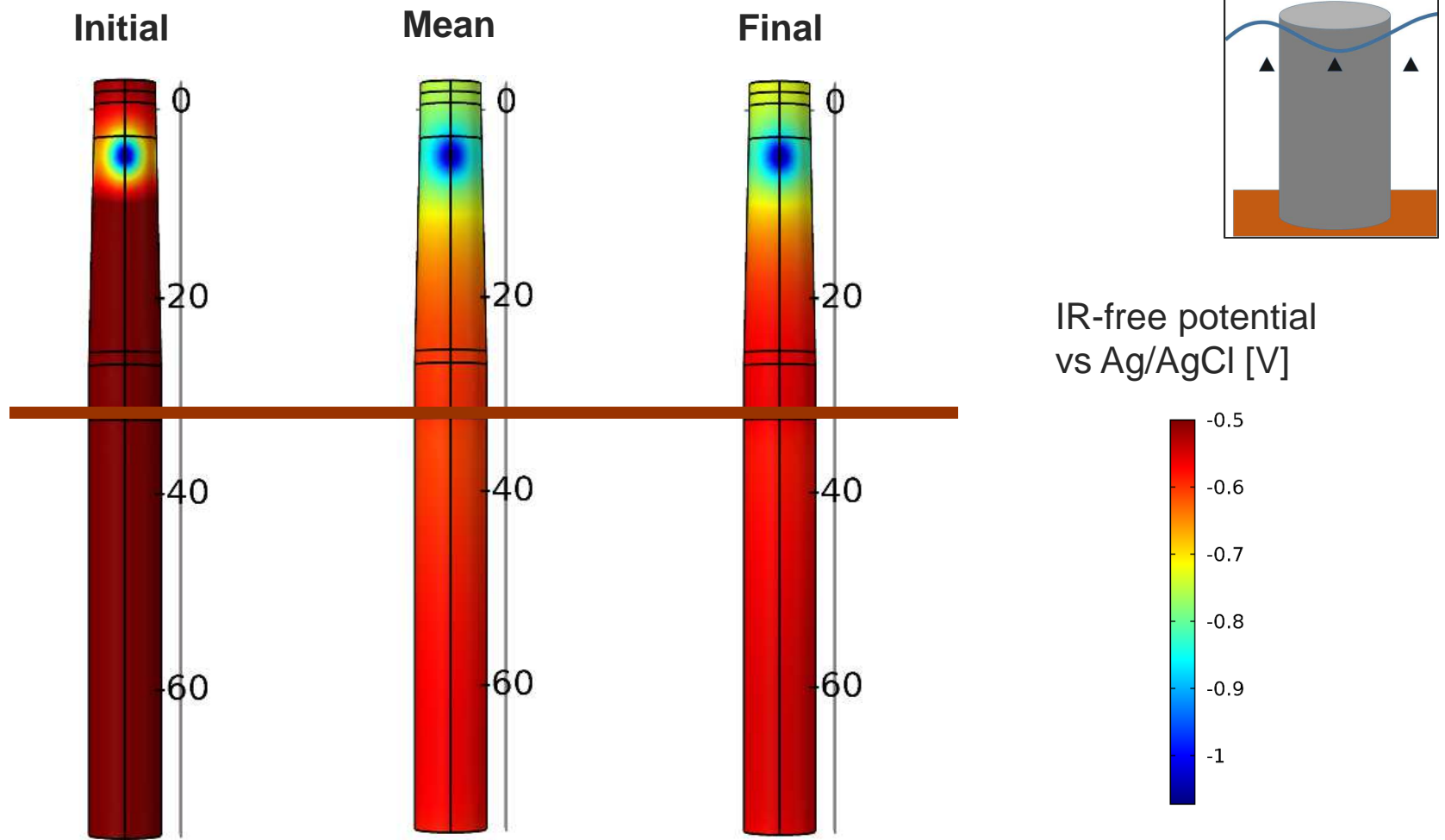
- **Studie 2:**
Anode auf dem Sediment mit einem großen Abstand (15m) zum Monopile
(Unterwasserbereich **unbeschichtet**)



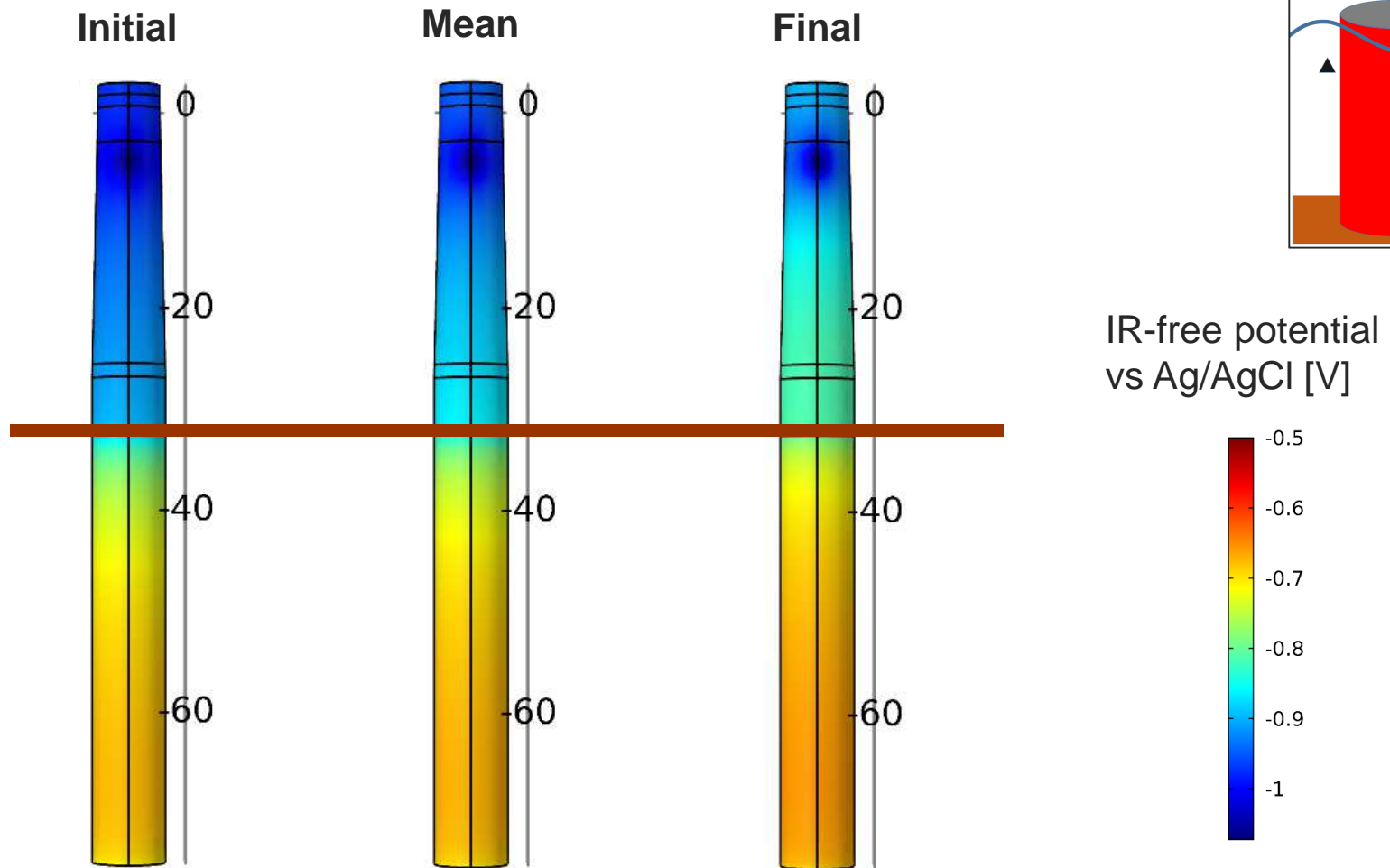
Randbedingungen für die Simulation

- Schutzstromdichten und Beschichtungsreduktionsfaktoren gemäß DIN EN 12495:2000
- Südliche Nordsee (unterhalb 55° N)
- Monopile Lebensdauer: 25 Jahre
- Spez. elektrischer Elektrolytwiderstand:
 - Meerwasser: 0,2 Ωm
 - Meeresboden: 1,7 Ωm
- Meeresströmung, mariner Bewuchs und kalkhaltige Ablagerungen beeinflussen das Polarisationsverhalten, wurden in der Simulation jedoch nicht näher berücksichtigt

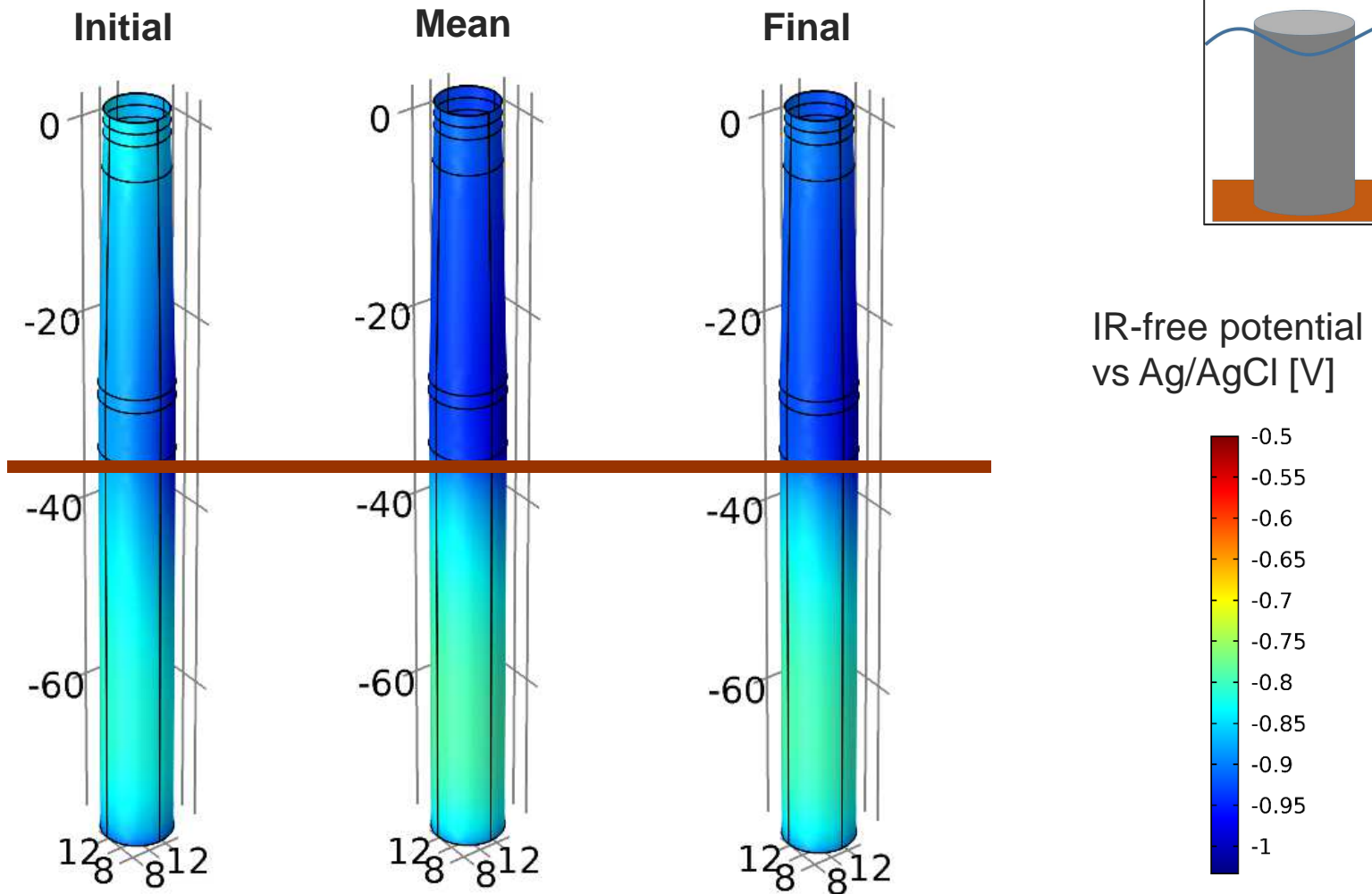
Studie 1a



Studie 1b



Studie 2



Vortragsinhalt

1. Zertifizierungen im Bereich KKS
2. Grundlagen des KKS
3. Untersuchung unterschiedlicher Fremdstromkonzepte am Beispiel von Monopile-Fundamenten
- 4. Zusammenfassung und Fazit**

Zusammenfassung und Fazit

- Fremdstromsysteme schneiden im technischen Vergleich besser ab als galvanische Systeme
- Nicht zu vernachlässigende Korrosionsgefährdung im Sediment
- Potentialverteilung am Objekt als direkter Qualitätsindikator für den KKS

Zusammenfassung und Fazit

- Bei geringem Abstand der Anoden zum Schutzobjekt ungleichmäßige Potentialverteilung sowie unzureichender Schutz im Unterwasser- und Sedimentbereich
- Beschichtungen erhöhen die Schutzreichweite
- Bei optimalem Abstand der Anoden zum Schutzobjekt gleichmäßigere Potentialverteilung und Schutzbereichserweiterung in das Sediment

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Steffel KKS GmbH