

Untersuchung elektromagnetische Beeinflussung während des Seilzugs beim Freileitungsbau

Fabian Wießner, M.Sc.

Forschungs- und Transferzentrum Leipzig e.V.

wieszner@ftz.htwk-leipzig.de

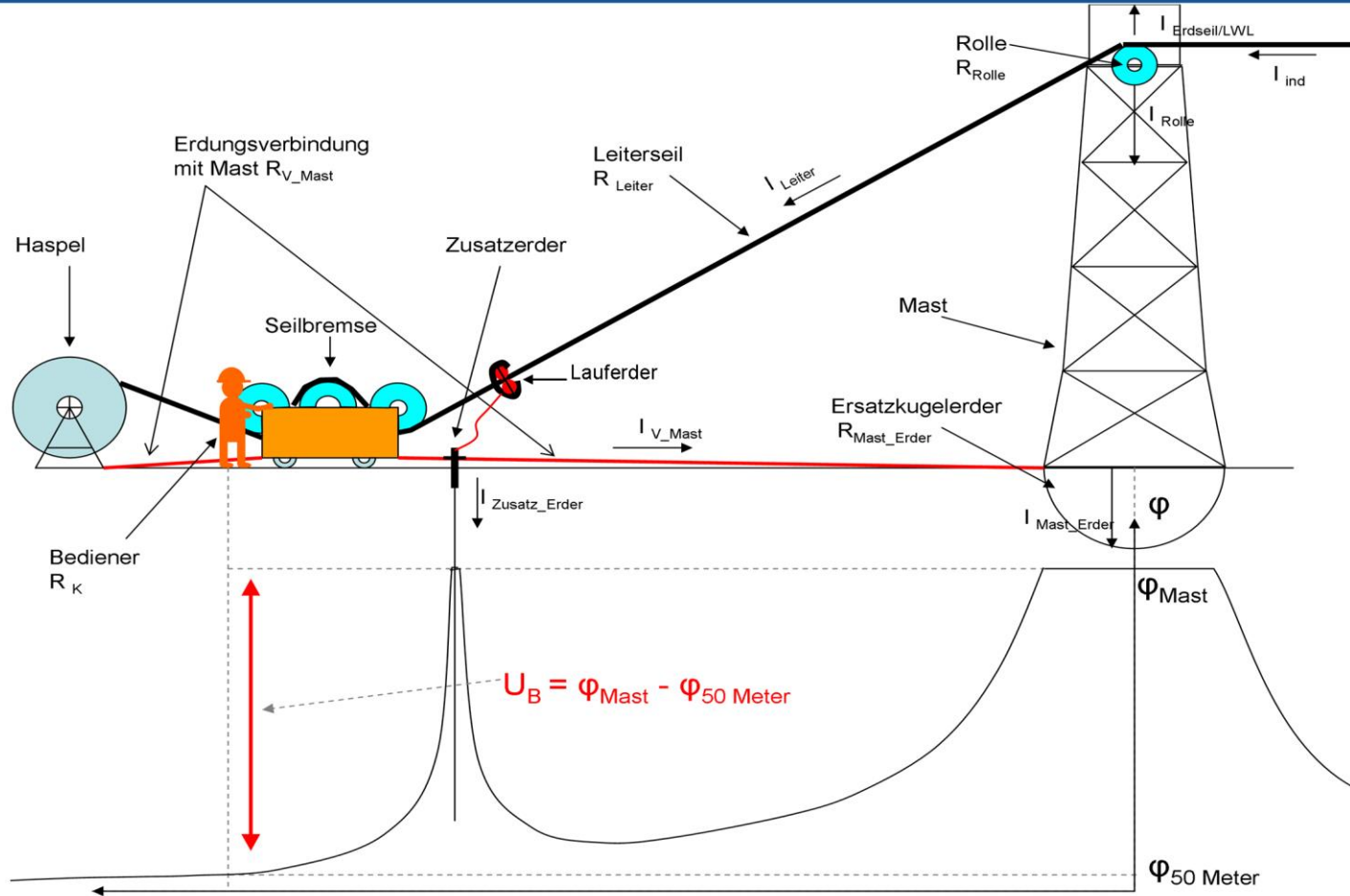


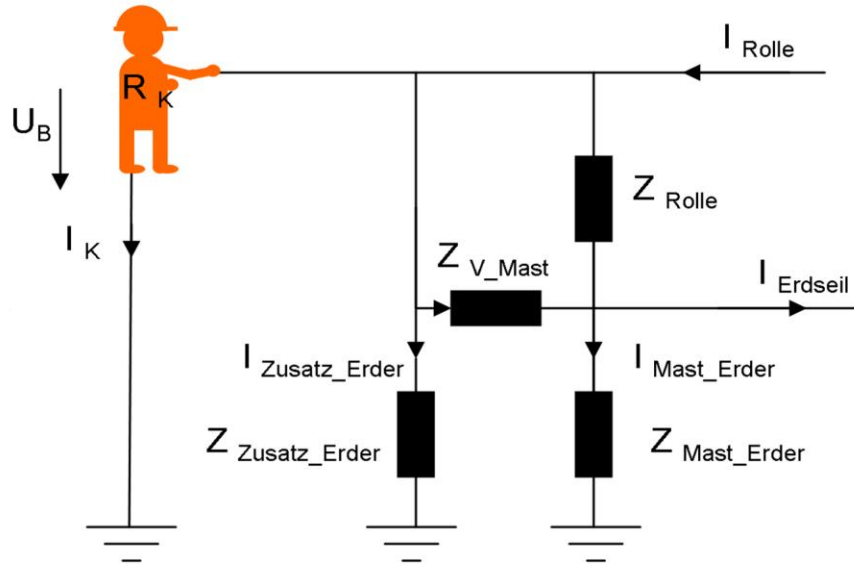
1. Berührungsspannung und Ströme am Windenplatz
2. Induzierte Ströme in Leiterbündel
3. Induzierte Ströme bei Erdungen an Verdrillungsmasten
4. Maßnahmen zur Reduzierung der Berührungsspannung



1. Berührungsspannung und Ströme am Windenplatz

1. Berührungsspannung Windenplatz





⇒ Die Impedanz des Zusatzerder ist wesentlich höher als Erdausbreitungswiderstand des Mastes

⇒ Zusatzerder nahezu wirkungslos



2. Induzierte Ströme in Leiterbündel



Impedanz Leiter-Erdschleife

$$Z' = \frac{\omega \mu_0}{8} + R'_{\text{Leiterbündel}} + j \frac{\omega \mu_0}{2\pi} \ln \left(\frac{\delta_E}{r_{mgA}} \right)$$

Koppelimpedanz zwischen zwei nahe liegenden Leiter-Erdschleife

$$Z' = \frac{\omega \mu_0}{8} + j \frac{\omega \mu_0}{2\pi} \ln \left(\frac{\delta_E}{d} \right)$$

Gleichungssystem zur Berechnung induzierter Ströme

$$E = Z' \cdot I$$

- δ_E Erdstromtiefe
- μ_0 magnetische Feldkonstante
- σ_E Leitfähigkeit des Erdbodens
- R' bezogener Widerstand der Leiterbündel
- r_{mgA} mittlerer geometrischer Abstand der Leiterbünde von sich selbst
- E induzierte Längsfeldstärke der Leiter L1, L2 und L3 in geerdete Leiterschleifen
- Z' Impedanzmatrix Erdschleifen
Hauptdiagonale => Impedanzen
Nebendiagonalen => Kopplungen
- I induzierte Ströme

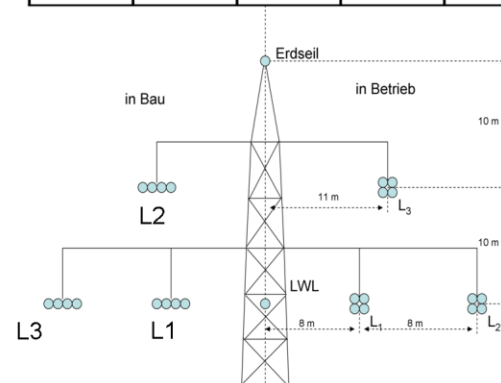
2. Induzierte Ströme Donaumast ein Erdseil und ein LWL Mastschaftmitte



Seilzug	Ströme Rollen Seilzug in A			Summe Ströme Rolle Seilzug in A
	L1	L2	L3	
L1	19	-	-	70
	17	-	-	
	17	-	-	
	17	-	-	
L2	-	15	-	56
	-	14	-	
	-	13	-	
	-	14	-	
L3	-	-	13	47
	-	-	12	
	-	-	11	
	-	-	12	

Seilzug	Ströme Rollen Seilzug in A			Summe Ströme Rolle Seilzug in A
	L1	L2	L3	
L1 L2	21	16	-	76 (L1) 58 (L2)
	19	15	-	
	18	14	-	
	19	14	-	
L1 L3	17	-	7	61 (L1) 25 (L3)
	15	-	6	
	14	-	6	
	15	-	6	
L2 L3	-	16	14	58 (L2) 52 (L3)
	-	15	13	
	-	14	12	
	-	14	13	

Seilzug	Ströme Rollen Seilzug in A			Summe Ströme Rolle Seilzug in A
	L1	L2	L3	
L1 L2 L3	18	17	9	67 (L1) 62 (L2) 33 (L3)
	17	16	8	
	16	15	8	
	16	15	8	



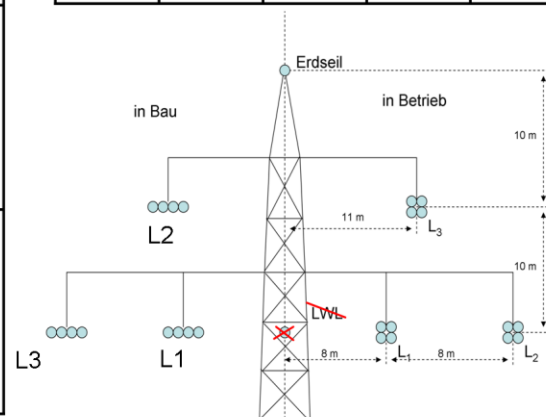
2. Induzierte Ströme Donaumast ein Erdseil und ohne LWL Mastchaftmitte



Seil zug	Ströme Rollen Seilzug in A			Summe Ströme Rolle Seilzug in A
	L1	L2	L3	
L1	27	-	-	100
	25	-	-	
	24	-	-	
	24	-	-	
L2	-	18	-	67
	-	16	-	
	-	16	-	
	-	17	-	
L3	-	-	20	75
	-	-	19	
	-	-	18	
	-	-	19	

Seil zug	Ströme Rollen Seilzug in A			Summe Ströme Rolle Seilzug in A
	L1	L2	L3	
L1 L2	27	15	-	101 (L1) 55 (L2)
	25	14	-	
	24	13	-	
	25	13	-	
L1 L3	23	-	11	83 (L1) 41 (L2)
	21	-	10	
	20	-	10	
	20	-	10	
L2 L3	-	15	19	58 (L2) 73 (L3)
	-	14	18	
	-	14	17	
	-	14	18	

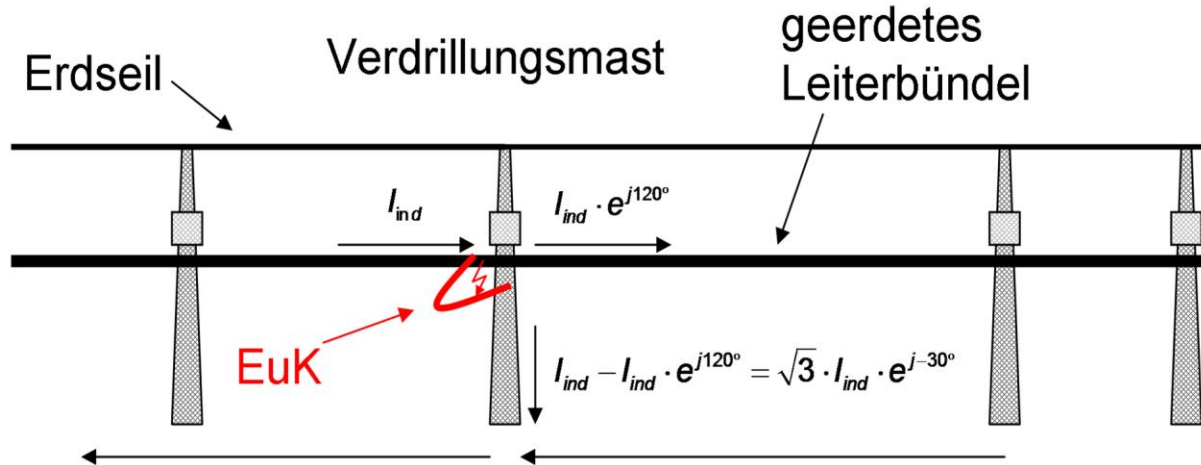
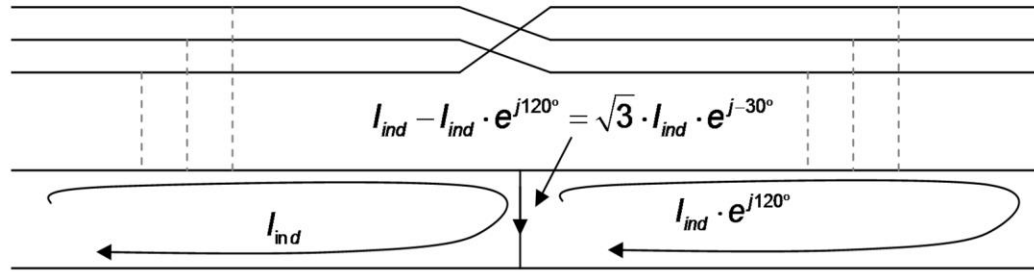
Seil zug	Ströme Rollen Seilzug in A			Summe Ströme Rolle Seilzug in A
	L1	L2	L3	
L1 L2 L3	23	16	12	86 (L1) 58 (L2) 46 (L3)
	22	14	11	
	21	14	11	
	21	14	11	

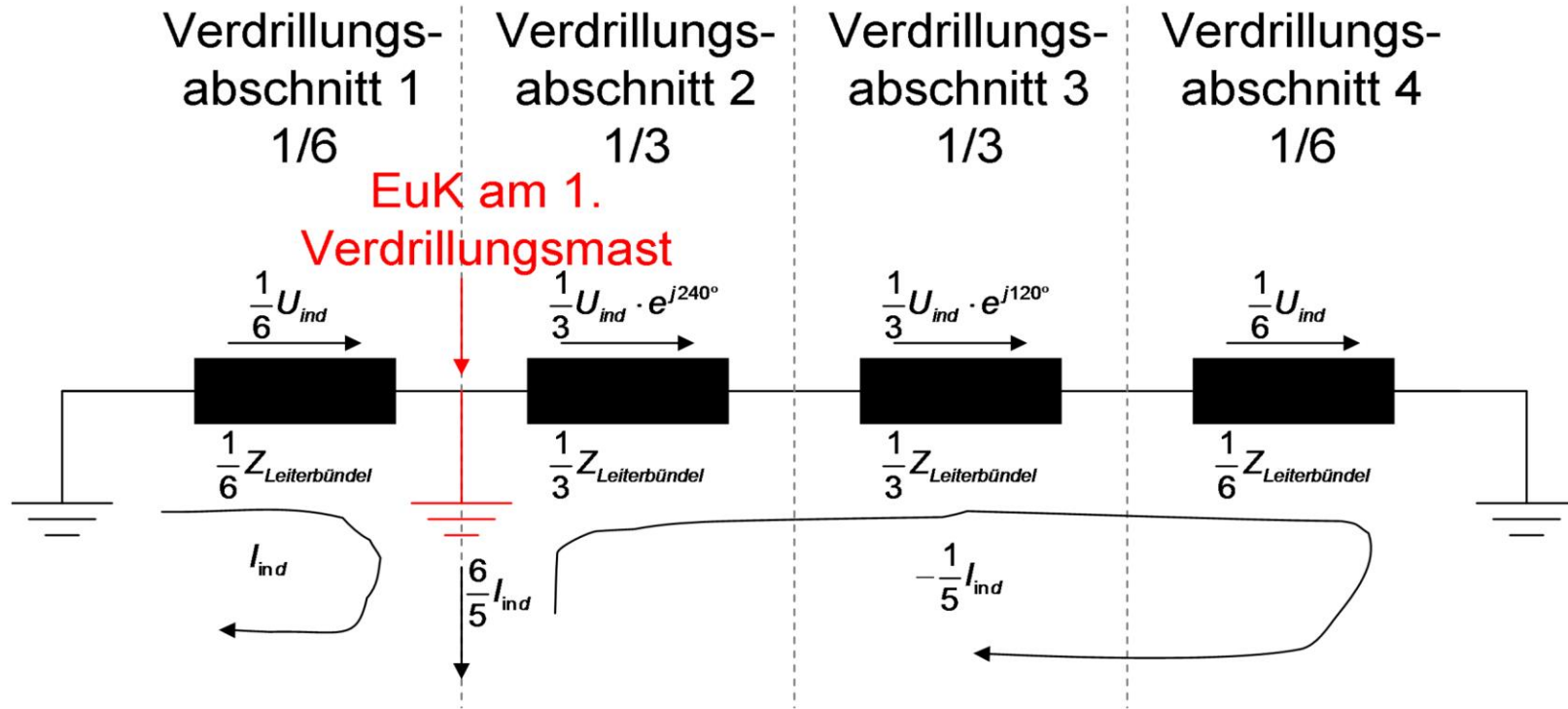


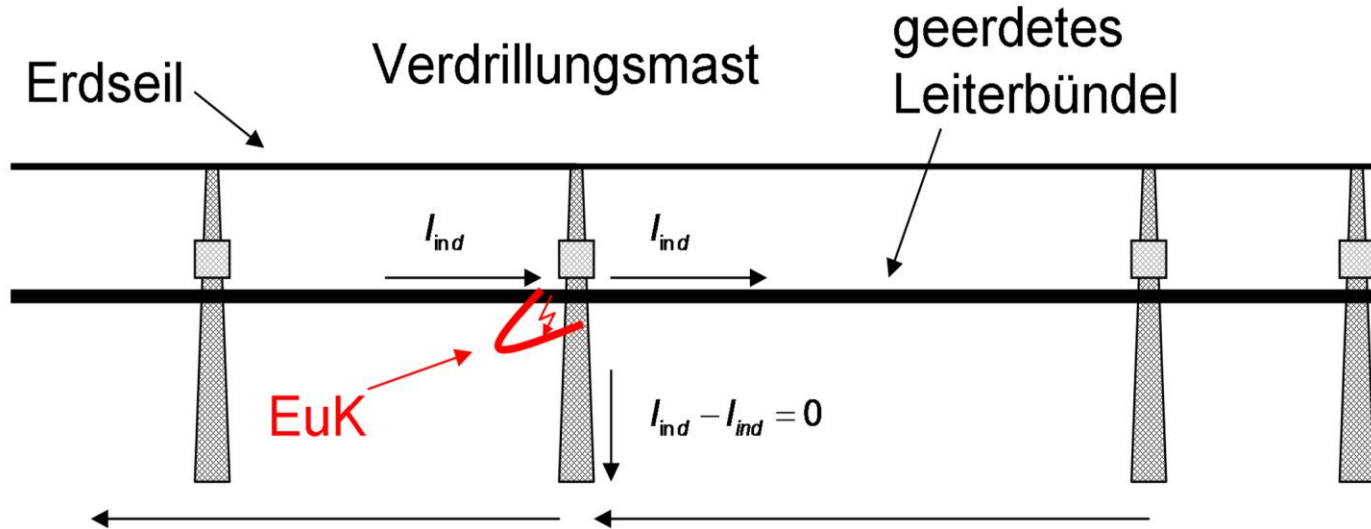


3. Induzierte Ströme bei Erdungen an Verdrillungsmasten

3. Induzierte Ströme bei verdrehten Freileitungen



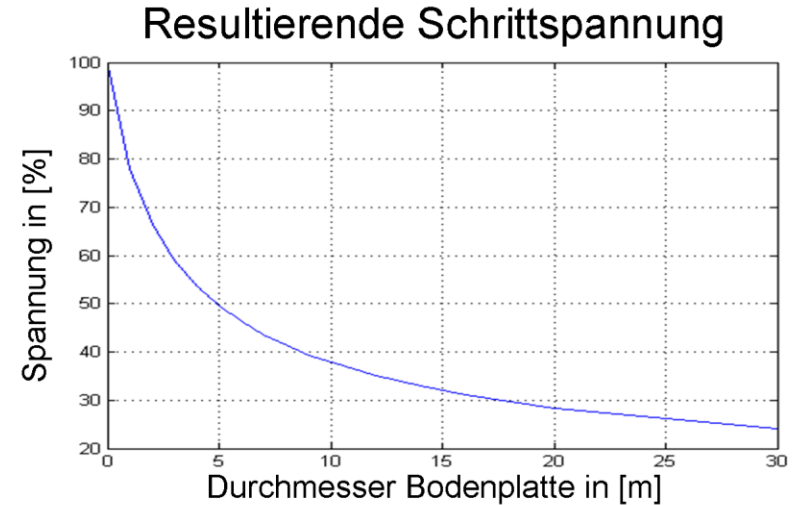
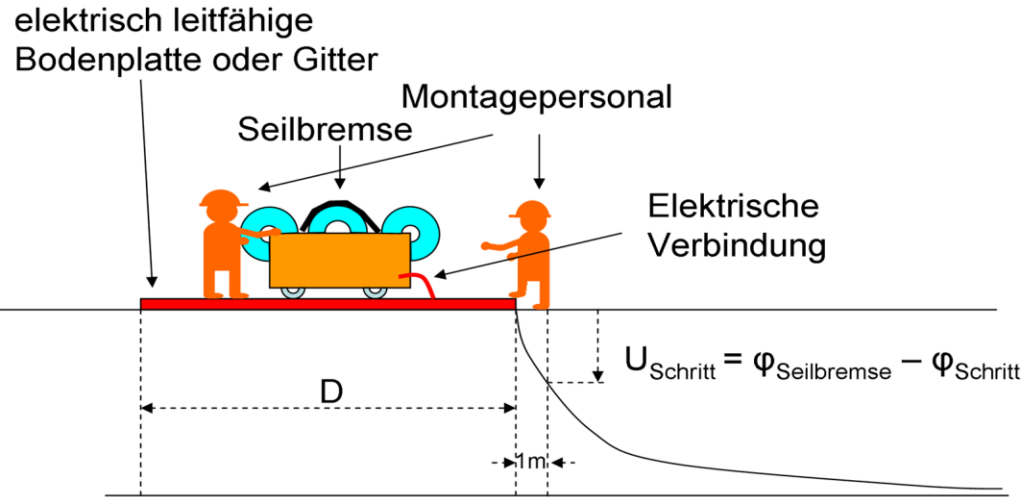




- Induzierter Strom bei AWE ca. 1 kA bei Betriebsstrom 3,6 kA
- Strom fließt nur bei Leitungsunterbrechung (Stromschlaufen, Windenplatz)
- sonst max. 200 A Differenzen (AWE) bei Betriebsstrom 3,6 kA
- zeitlich begrenzt ~1s (AWE) bzw. ~150 ms (Erdschluss)



4. Maßnahmen zur Reduzierung der Berührungsspannung

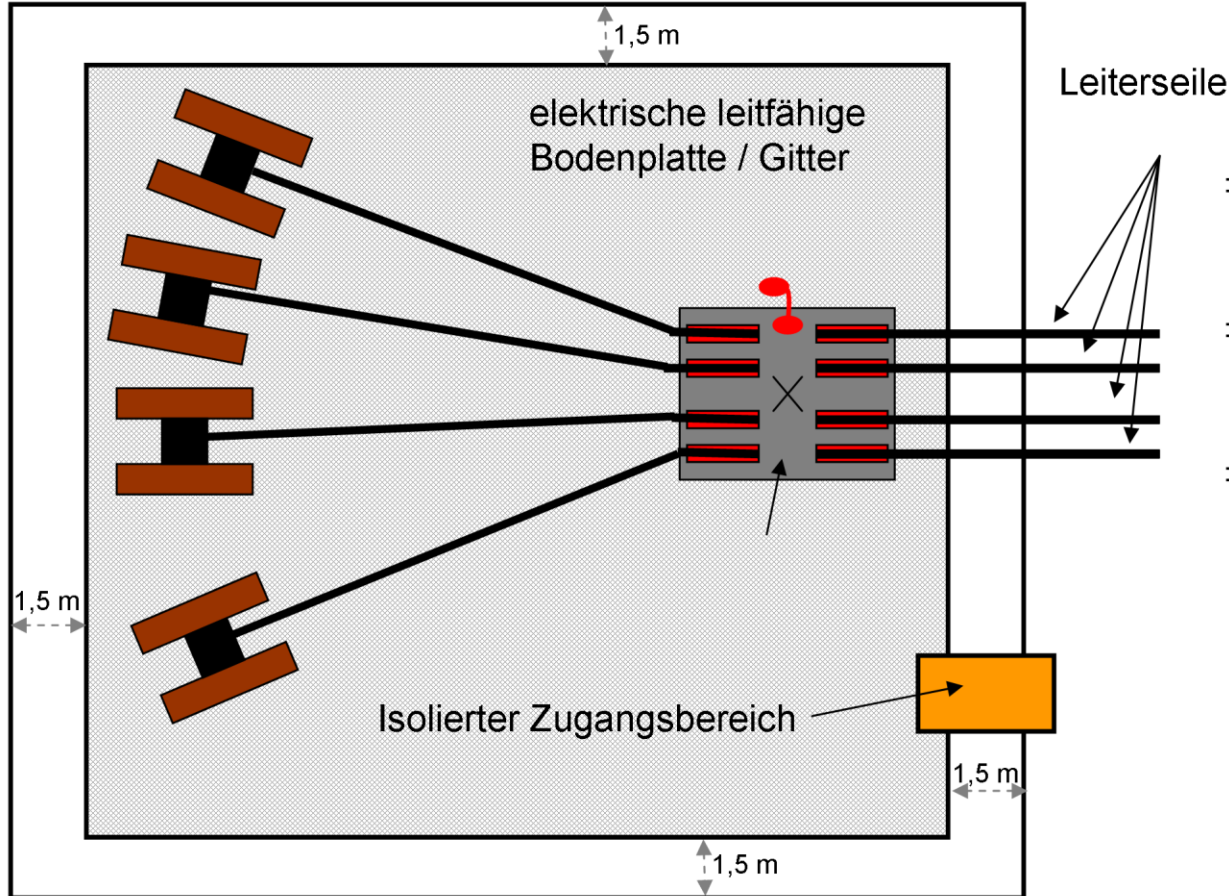


Bodenplatte reduziert in Abhängigkeit des Durchmessers die Schrittspannung

⇒ Durchmesser von 5 m => 50 % Schrittspannung gegenüber ohne Bodenplatte

⇒ Durchmesser von 30 m => 25 % Schrittspannung

4. elektrisch leitfähige Bodenplatte / Gitter am Windenplatz mit isolierten Zugang



- ⇒ Windenplatz wird auf ein Potenzial angehoben
- ⇒ Zugang nur über isolierten Zugangsbereich
- ⇒ Alle Arbeiten müssen auf den Windenplatz durch geführt werden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FTZ Leipzig e.V.
Fabian Wießner
wieszner@ftz.htwk-leipzig.de
+49 341 3076 1200
Wächterstraße 13, 04107 Leipzig

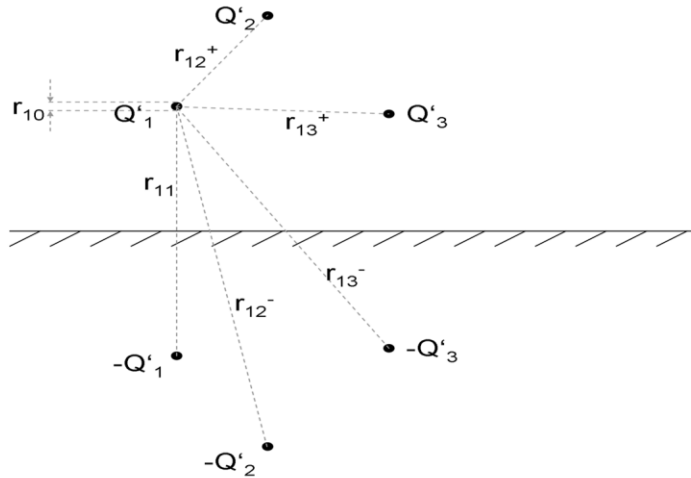




Poisson-Gleichung Potenzial

$$\Delta \Phi = - \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

Modell mit Spiegelladung



Bestimmung bezogene Ladung Leiterseile

$$\begin{pmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \Phi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underbrace{k \ln \frac{r_{11}^-}{r_{10}^+}}_{p_{11}} & \underbrace{k \ln \frac{r_{12}^-}{r_{12}^+}}_{p_{12}} & \underbrace{k \ln \frac{r_{13}^-}{r_{13}^+}}_{p_{13}} \\ \underbrace{k \ln \frac{r_{21}^-}{r_{21}^+}}_{p_{21}} & \underbrace{k \ln \frac{r_{22}^-}{r_{20}^+}}_{p_{22}} & \underbrace{k \ln \frac{r_{23}^-}{r_{23}^+}}_{p_{23}} \\ \underbrace{k \ln \frac{r_{31}^-}{r_{31}^+}}_{p_{31}} & \underbrace{k \ln \frac{r_{32}^-}{r_{32}^+}}_{p_{32}} & \underbrace{k \ln \frac{r_{33}^-}{r_{30}^+}}_{p_{33}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q'_1 \\ Q'_2 \\ Q'_3 \end{pmatrix}$$

$$k = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}$$

Berechnung Ladestrom

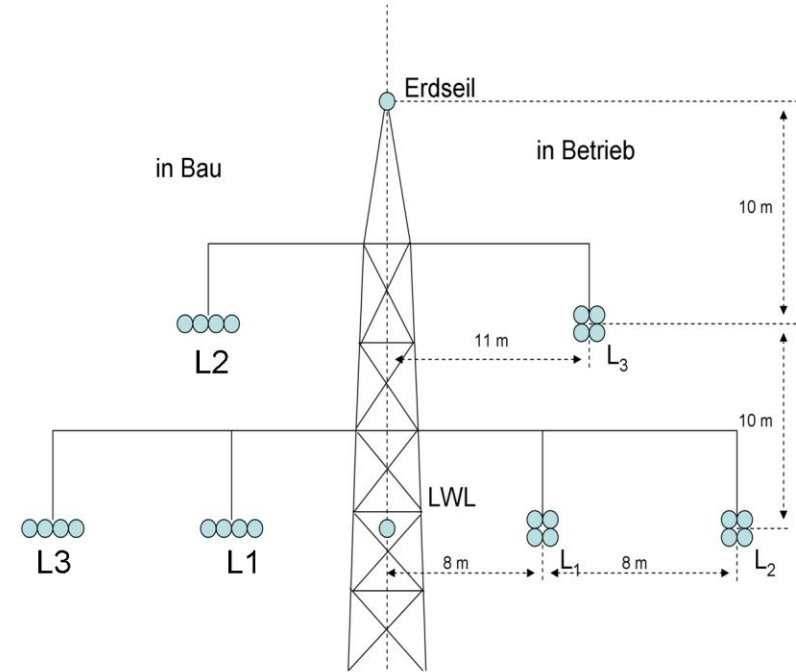
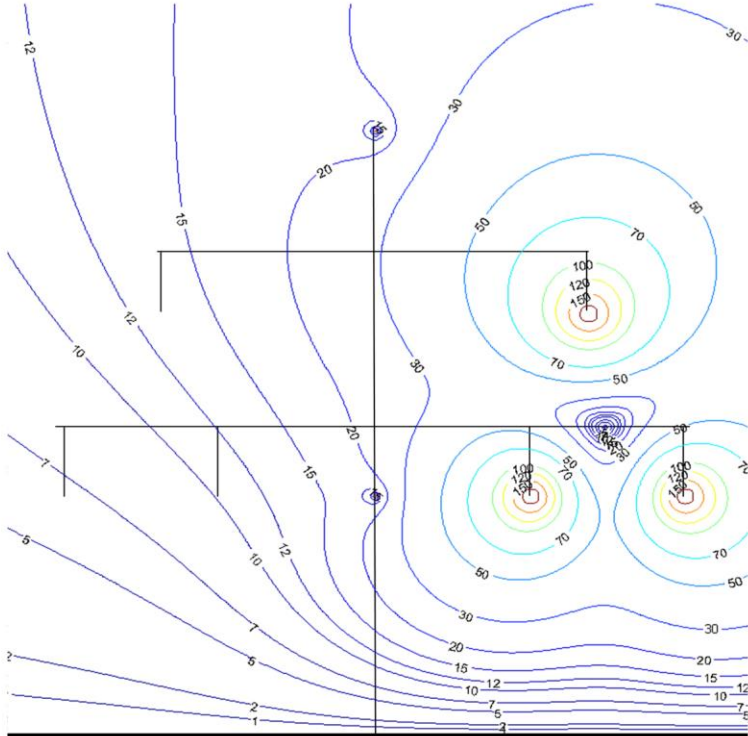
$$\frac{dQ'}{dt} = j\omega Q' = I'$$

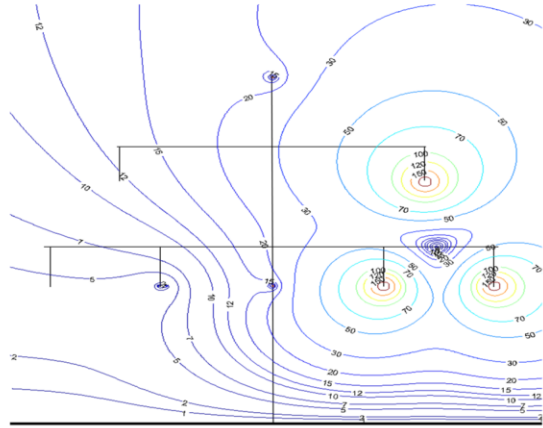
Berechnung Potenzial

$$\Phi(x, y) = \frac{k}{2} \sum_n \left(Q'_n \ln \left(\frac{(x - x_n)^2 + (y + y_n)^2}{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2} \right) \right)$$

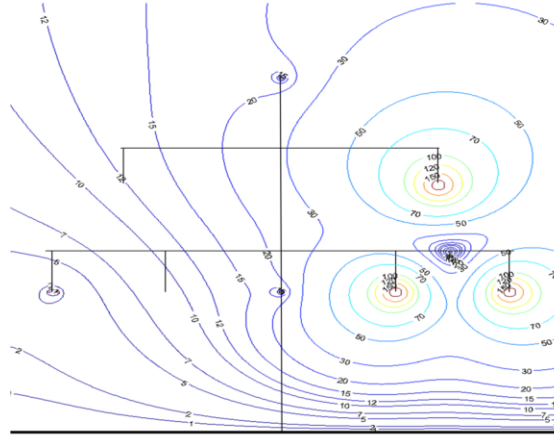


Freies Potenzial ohne neue Leiterseile

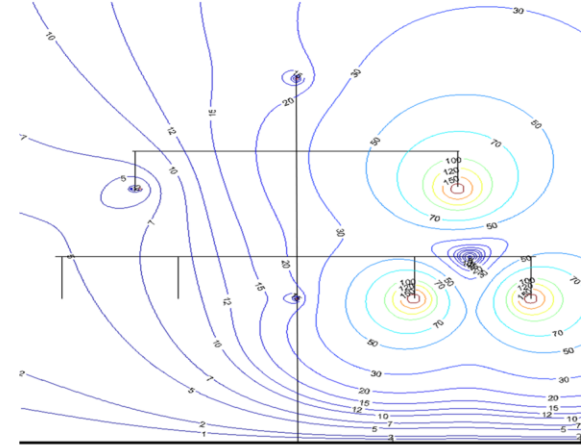




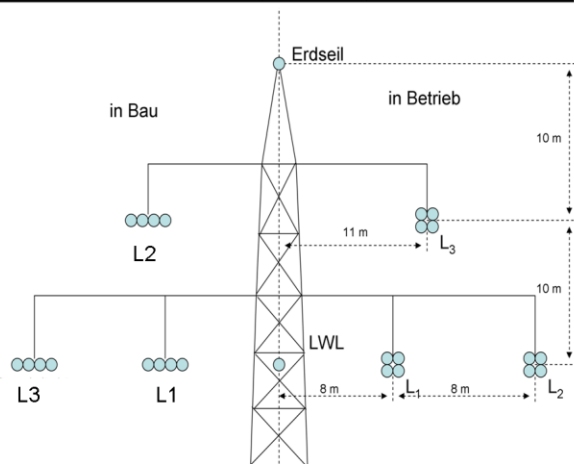
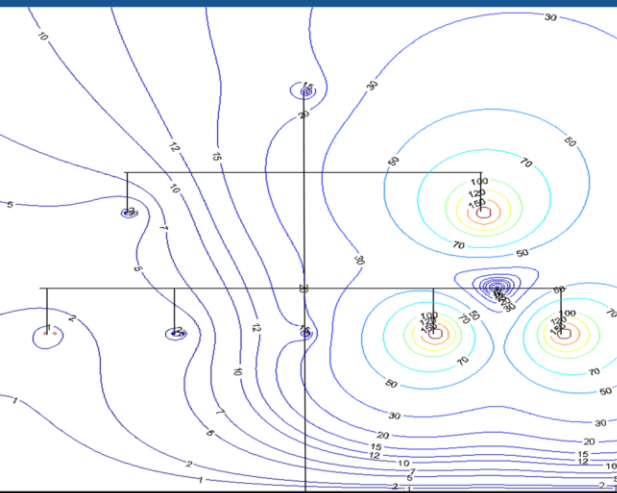
Leiter- bündel	Strom Leiterseile in mAkm^{-1}	Summe Strom Leiter- bündel in mAkm^{-1}
L1	10,3076	38,1234
	7,3460	
	7,9027	
	12,6468	



Leiter- bündel	Strom Leiterseile in mAkm^{-1}	Summe Strom Leiter- bündel in mAkm^{-1}
L3	6,5188	23,3509
	4,5532	
	4,7897	
	7,5128	



Leiter- bündel	Strom Leiterseile in mAkm^{-1}	Summe Strom Leiter- bündel in mAkm^{-1}
L2	12,0670	43,8753
	8,5085	
	9,0324	
	14,2691	21



Leiterbündel	Strom Leiterseile in mAkm^{-1}	Summe Strom Leiterbündel in mAkm^{-1}
L1	7,9105	31,3100
	5,8974	
	6,6125	
	10,9156	
L2	10,5247	38,6859
	7,4709	
	7,9900	
	12,7068	
L3	3,1374	10,9238
	2,1512	
	2,2227	
	3,4376	

Einzel Ladeströme
>
Summen Ladeströme !