

Modell für die Beurteilung der elektrotechnischen Sicherheit urbaner Seilbahnen

Wolfgang Emmer		Technische Universität Graz Institut für Elektrische Anlagen & Netze
Ernst Schmutzer		Technische Universität Graz Institut für Elektrische Anlagen & Netze
Stephan Pack		Technische Universität Graz Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement

14.02.2019

Motivation

- Urbane Seilbahnen sind innovative Verkehrslösungen für Großstädte und ihre Umgebung!

Richtwerte – Verkehr		
Fahrzeug	Spezifischer Endenergieverbrauch	
	kWh / (Personenkm) [2]	kWh / Person *)
Städtischer Individualverkehr		
Personenkraftwagen (VKM)	0,4 – 0,6 [2]	3 – 4,5 *)
Personenkraftwagen (Elektroantrieb) **)	0,2 [3], [4]	1,5 *)
Öffentlicher Personenverkehr		
Bus (LPG)	0,1 – 0,15 [2]	1,23 [1]
U-Bahn	0,02 – 0,05 [2]	0,74 [1]
Straßenbahn	0,07 – 0,08 [2]	0,40 [1]
Seilbahn	0,11 ***)	0,29 ***)

*) Diesen Werten liegt die durchschnittliche Weglänge einer PKW-Fahrt im Binnenverkehr der Stadt zugrunde (vgl. Studie Frey et al., [1])

**) Für Kurzstrecken liegt der Besetzungsgrad eines PKW bei ca. 1,5 Personen

***) Berechnung Fa. Doppelmayr Seilbahnen für eine 3S-Bahn mit folgenden Eckdaten: 2,7 km, 3 Sektionen, 5.500 h/Jahr, 20 % Auslastung, einschließlich Gebäude

Was sollte bei der Planung urbaner Seilbahnen beachtet werden?

- politische Aspekte
- Kosten
- umweltrelevante Fragestellungen
- zukünftige Entwicklung der Stadt
- technische Anforderungen
 - Funktionsfähigkeit
 - elektrische Sicherheit

Beachtung von anderen elektrischen Systemen, die aufgrund ihrer Nachbarschaft das Seilbahnsystem beeinflussen kann!!! High-Voltage Overhead Power Lines

Beeinflussungsmechanismen

- ohmsche Beeinflussung – z.B. Potenzialdifferenzen verursacht durch Stromflüsse in Leitern und durch Strömungsfelder im Erdreich, Spannungstrichter und Spannungsverschleppungen im Bereich der Seilbahnanlagen,
- induktive Beeinflussung – z.B. Längsspannungen induziert durch andere Hochspannungssysteme (Bahn, öffentliche Stromversorgung) in Leitern naheliegender Seilbahnanlagen,
- kapazitive Beeinflussung – z.B. durch naheliegende Hochspannungssysteme (Freileitungen) influenzierte Spannungen und Ableitströme und
- elektromagnetische Beeinflussung – z.B. durch niederfrequente elektromagnetische Felder verursacht durch Nieder- und Hochspannungssysteme sowie Funkeinrichtungen im Hochfrequenzbereich,
- transiente Beeinflussung – z.B. durch impulsförmige Spannungen und Ströme in Versorgungssystemen oder durch abgeleitete Ströme von Blitzentladungen,
- unkontrollierte Entladungen – z.B. durch Unterschreiten des Trennungsabstandes in der Nähe von Blitzschutzsystemen (Ableitungen, Erdungsanlagen)

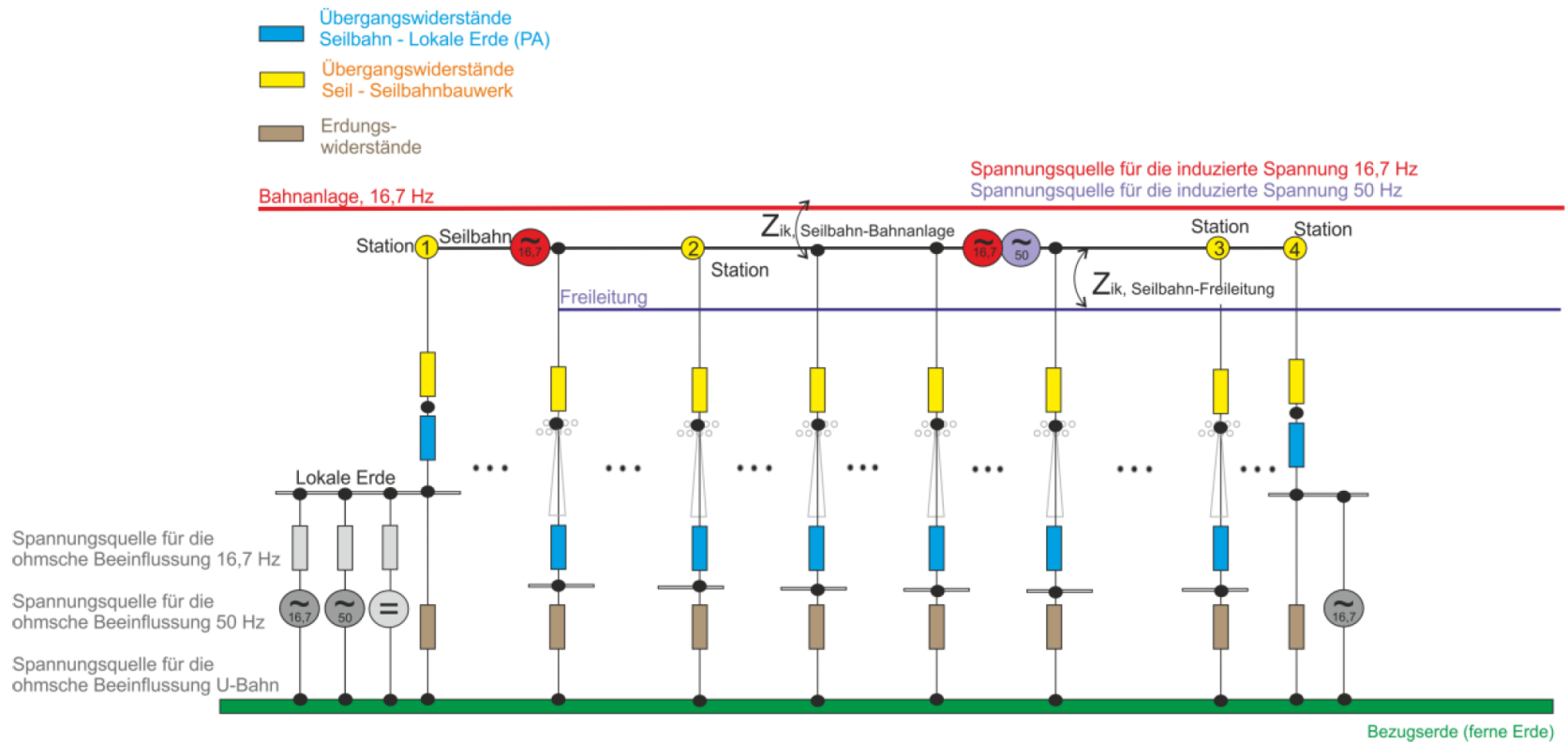
Evaluierungsbasis

	Abschalt-Zeit in s	Berührungs- Spannungs- grenze in V (EN 50122-1)	Berührungs- Spannungs- grenze in V (EN 50522)	Berührungs- Spannungs- grenze in V (E 8001-1)
Gleichspannung	Kurzzeit (0,2s)	520	-	-
	Langzeit (> 300)	120	-	120(90)
Wechselspannung	Kurzzeit (0,2s)	645	537	-
	Langzeit (> 300)	60	80	65(50)

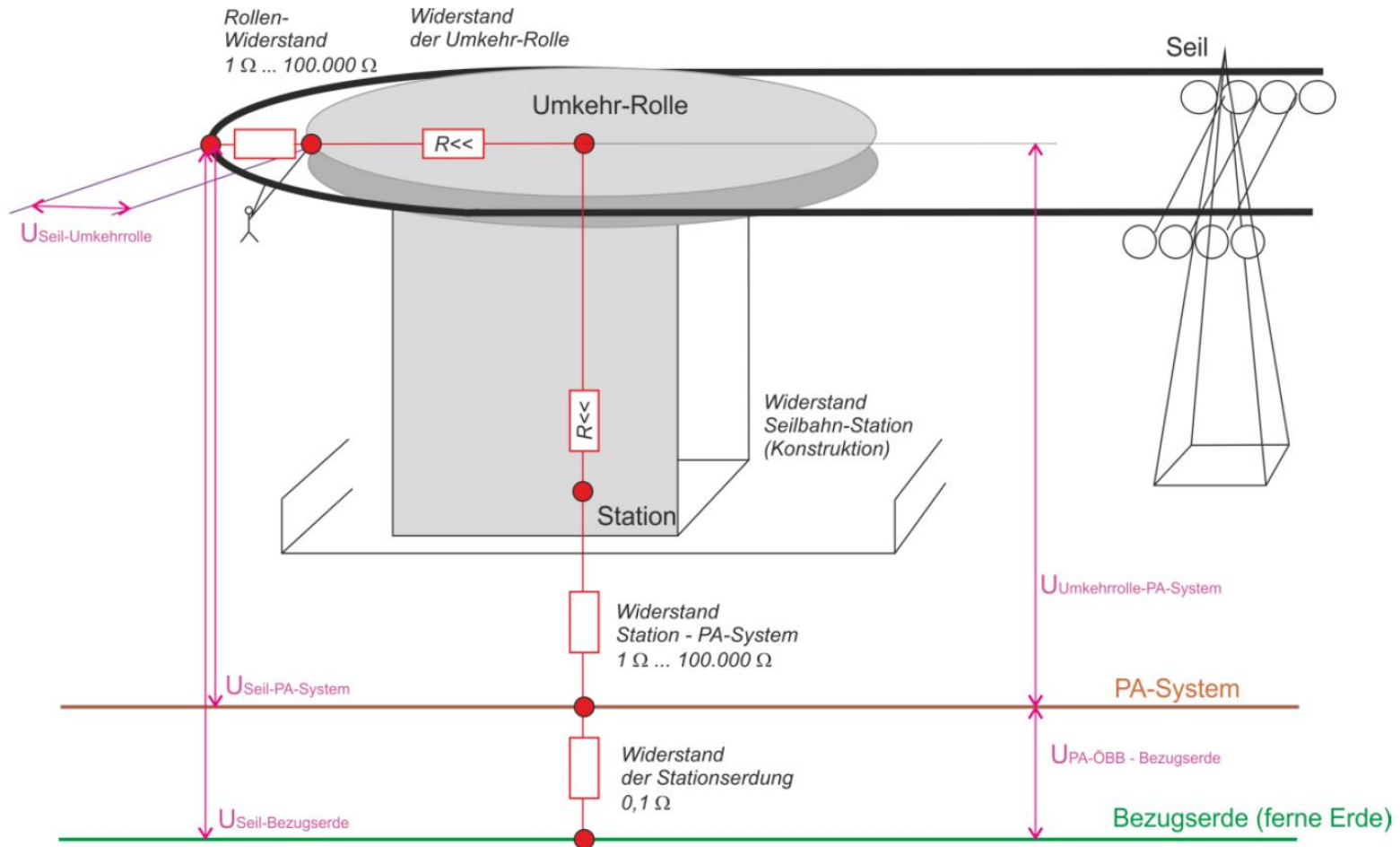
Anmerkung: Die Berührungsspannungsgrenze gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1 gilt für die Schutzmaßnahme Nullung und FI-Schutzschaltung

Ausführungsbestimmungen von und Abstandsbestimmungen zu Blitzschutzsystemen gemäß ÖVE/ÖNORM EN 62305 (Blitzschutz)

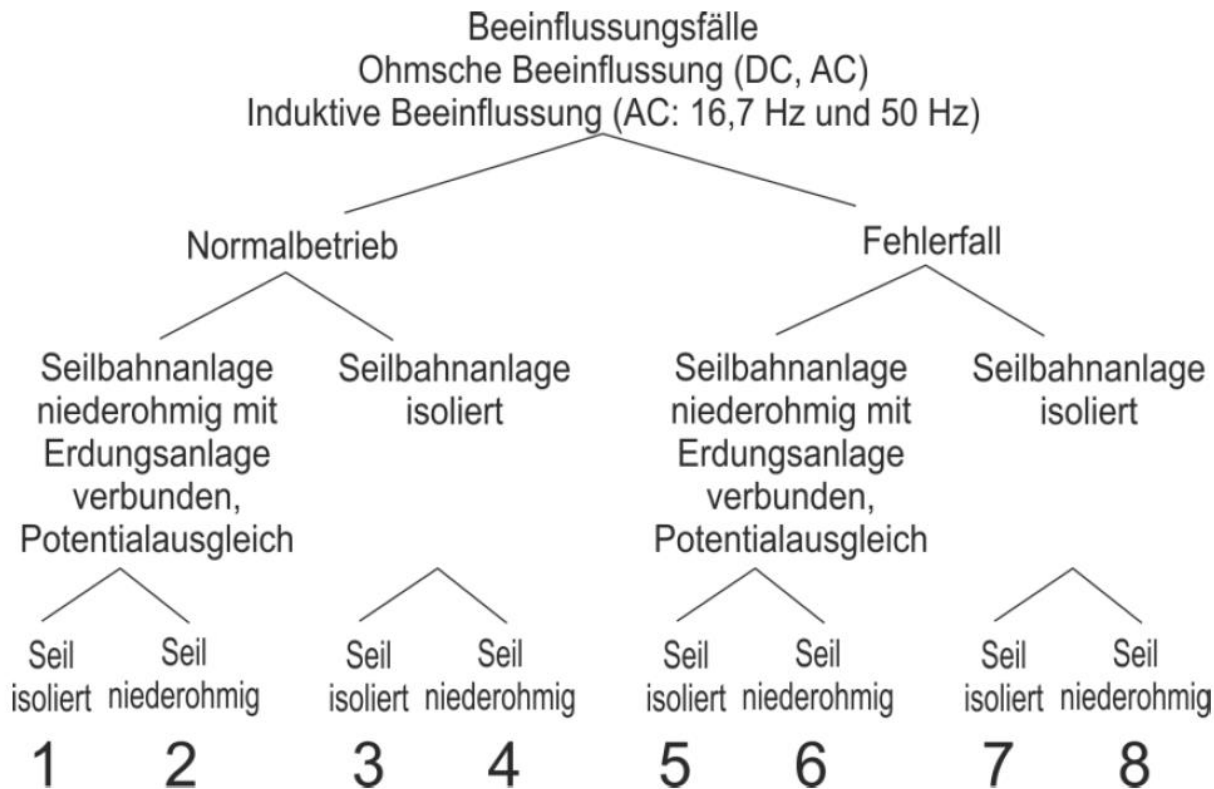
Simulationsmodell



Simulationsmodell



Simulationsmodell - Berechnungsfälle



Maßnahmen

- Ausführung des Anlagenbereichs im Sinne eines isolierten Raums oder
- Ausführung eines Potenzialausgleichs, z.B. durch Bürsten oder Schleifkontakte, zwischen Kabine und Station im Zustiegsbereich für Fahrgäste, in dem die Kabine vom Seil entkoppelt ist
- Zutrittsbeschränkungen, Isolierung Spannung führender Teile, Standortisolierung oder isolierter Raum in Bereichen, in denen die Kabine noch mit dem Transportseil verbunden ist und wo ein zusätzlicher lokaler Potenzialausgleich nicht möglich ist
- Herstellung des Potenzialausgleichs und Erdung des Seils bei Arbeiten in den Stationen und den Masten am Seil im Stillstand
- Verbesserung des Erdungssystems (Achtung: der Strom über die Seilbahnrollen könnte dabei zu hoch werden)
- Ausführung eines zusätzlichen lokalen Potenzialausgleichs
- Unterweisung und Schulung der Mitarbeiter/innen sowohl für elektrotechnische wie auch für nicht elektrotechnische Arbeiten
- berührungssichere Ausführung von Klemmen und Kontaktstellen von Leitungen, Kabelschirmen etc., wo eine Spannungsverschleppung möglich ist
- organisatorische Maßnahmen während Gewitteraktivität im Einzugsbereich der Seilbahn

Zusammenfassung

- Bedacht auf die elektrischen Beeinflussungen bereits bei der Planung von urbanen Seilbahnen
- Höhe der möglichen elektrischen Beeinflussung ermitteln
- schutztechnisch geeignete und ökonomisch sinnvolle Maßnahmen
 - geeignet dimensionierte Erdungsanlagen
 - durchdachter (lokaler örtlicher) Potenzialausgleich
 - niederimpedante Ausführung von Potenzialausgleichs-Leitern, niederohmige Verbindungen
 - geeignete Blitzschutzkonzepte
 - Standortisolation
 - leitfähige Seilrollen
 - Personenschutz und zusätzliche Schutzmaßnahmen für ArbeitnehmerInnen
 - Beachtung von Näherungen und des Trennungsabstandes beim Blitzschutz

Modell für die Beurteilung der elektrotechnischen Sicherheit urbaner Seilbahnen

Wolfgang Emmer		Technische Universität Graz Institut für Elektrische Anlagen & Netze
Ernst Schmutzer		Technische Universität Graz Institut für Elektrische Anlagen & Netze
Stephan Pack		Technische Universität Graz Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement

14.02.2019