

# Überspannungen, Leuchtenprüfungen Beleuchtungsanlagen im Freien

Graz, 20.06.2016



Ing. Robert Mark

 **ENERGIE GRAZ**

# Vorstellung

## Ing. Robert Mark

- Leiter der Abteilung Licht- und Energiedienstleistungen in der **Energie Graz**
- Zertifizierter Lichttechniker
- Vorstandsmitglied der LTG
- Leiter des Arbeitskreises LTG:  
Licht im Verkehrsraum – Die Betreiberplattform
- ÖVE-Arbeitskreises TSK E07:  
Arbeitsgruppe „Straßenbeleuchtung“
- 60 Mitarbeiter, ein großer Teil davon Lichtspezialisten für Engineering, Expertisen, Planung, Bau, Betrieb, Betriebsführung von Beleuchtungsanlagen
- Betriebsführung an weit über 36.000 Lichtpunkten der öffentlichen Beleuchtung in Graz und in steirischen Gemeinden



 **ENERGIE GRAZ**

## **Transiente Überspannungen kabelgebundener Beleuchtungsanlagen im Außenbereich**

Bericht über eine Untersuchung von Überspannungen gemeinsam mit der TU-Graz

## **Erfahrungen über Leuchtenprüfungen**

Gemeinsam mit einem Prüfinstitut wurden Leuchten auf Überspannungsfestigkeit geprüft

Werden Sie Teil der Initiative ENERGIE gegen ARMUT

**Startseite**

**Unternehmen**

**Energie**

**Green Graz**

**Dienstleistung**

▽ **Lichtlösungen**

Licht komplett

LED-Installationen

Fassadenbeleuchtung

Weihnachtsbeleuchtung

Sicherheit

Beleuchtungsstörungen

Downloads und AGB

Contracting

Planung

► **Energieberatung**

## **Downloads und AGB**

 [Allgemeine Geschäftsbedingungen für die Lieferung von Waren und die Erbringung von Leistungen](#) (501 KB)

 [Fachinformation Hochspannungsprüfungen von LED-Leuchten](#) (459.75 KB)

 [Fachinformation Transiente Spannungsbeanspruchung kabelgebundener lichttechnischer Anlagen im Außenbereich TU-Graz](#) (1.53 MB)

 [Widerruf des Vertragsabschlusses](#) (518 KB)

### **Präsentationen Bürgermeistertag**

 [LED-Lichtquelle der Zukunft](#)

 [Oft ist weniger mehr](#)

 [10 Dinge die Sie über LED nicht wissen sollten](#)

 [Licht ins Recht für Haftungsfragen](#)

 [Lichttechnische Gesellschaft](#)

# Transiente Spannungsbeanspruchung kabelgebundener lichttechnischer Anlagen im Außenbereich

Masterarbeit von Christian Niederauer  
(Abschluss am 20. März 2014)

Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement  
Technische Universität Graz

## Kooperation

- Institut für Hochspannung und Systemmanagement, TU Graz
- Lichttechnische Gesellschaft Österreichs (LTG)
- Durchgeführt von:
  - Christian Niederauer
- Betreuung der Masterarbeit:
  - Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stephan Pack
  - Ing. Robert Mark
  - Mitglieder des Arbeitskreises „Licht im Verkehrsraum – Die Betreiberplattform“

## Motivation und Ziele

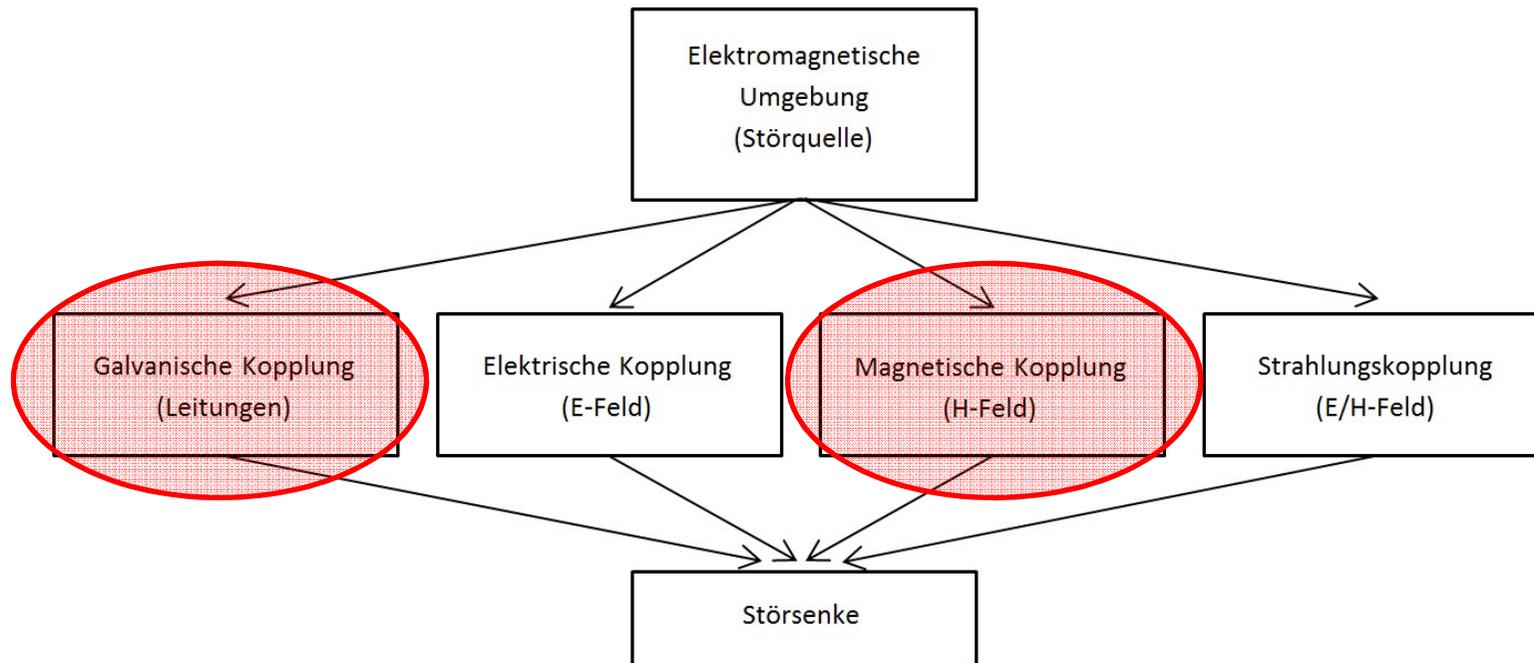
- „*Transiente Spannungsbeanspruchung kabelgebundener lichttechnischer Anlagen im Außenbereich*“
- Technologiewende im Bereich der öffentlichen Beleuchtung
  - LED Systeme
  - Elektronische Betriebsmittel
- Vermehrtes Auftreten von Störungen/Ausfällen
  - Möglicher Zusammenhang mit lokaler Gewitteraktivität
- Untersuchung transienter Spannungsbeanspruchung durch Blitzschlag
  - Anlagenanforderungen
  - Betriebssicherheit
  - Schadensminimierung

## Übersicht

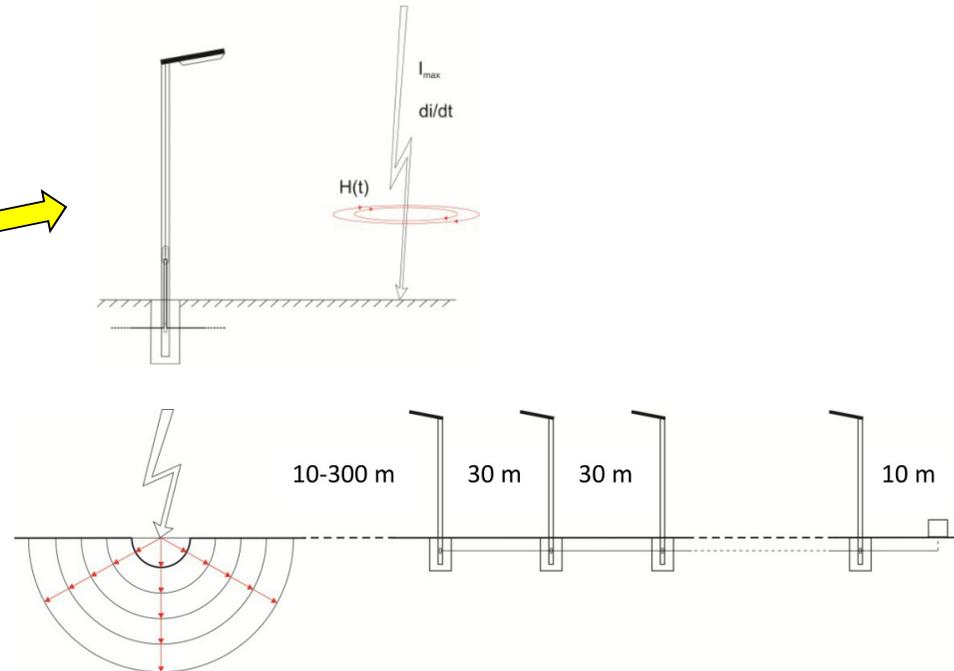
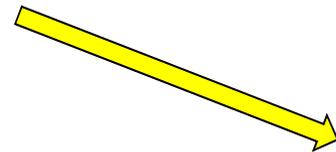
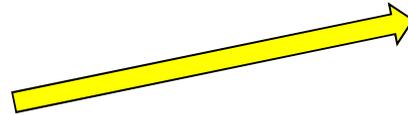
- Ermittlung der Ausgangssituation und Datenerhebung
- Elektromagnetische Kopplungsmechanismen
- Bestimmung wesentlicher Einflussfaktoren auf transiente Überspannungen bei Blitzschlag
- Induktive Kopplung
  - Kunststoffmast
  - Stahl-, Aluminiummast
- Galvanische Kopplung
  - Blitzeinschlag in der Umgebung einer lichttechnischen Anlage
  - Direkteinschlag in einen elektrisch leitfähigen Lichtmast
- Zusammenfassung

# Elektromagnetische Kopplungsmechanismen

Zwei Berechnungsschwerpunkte in der Masterarbeit



## Reale Situation vs. Modellannahmen



- Installationen im Nahbereich
  - Rohrleitungen
  - Armierter Beton
- Nichthomogene Bodenschichten
- Kurvenformen von Blitzströmen können stark variieren (Scheitelwerte, Anstiegszeiten, etc.)

- Keine Installationen im Nahbereich
  - Anlage im „freien Feld“
- Homogener Boden bis in große Tiefen
- Blitzstromparameter und Kurvenformen laut ÖVE EN 62305-1

 **ENERGIE GRAZ**

# Blitzstromparameter gemäß EN 62305-1

## Maximalwerte

Erster positiver Stoßstrom			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Scheitelwert	I	<b>kA</b>	<b>200</b>	150	100	
Zeitparameter	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	<b>µs/µs</b>	<b>10/350</b>			
Erster negativer Stoßstrom			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Scheitelwert	I	<b>kA</b>	<b>100</b>	75	50	
Mittlere Steilheit	di/dt	<b>kA/µs</b>	<b>100</b>	75	50	
Zeitparameter	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	<b>µs/µs</b>	<b>1/200</b>			
Folgestoßstrom			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Scheitelwert	I	<b>kA</b>	<b>50</b>	37,5	25	
Mittlere Steilheit	di/dt	<b>kA/µs</b>	<b>200</b>	150	100	
Zeitparameter	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	<b>µs/µs</b>	<b>0,25/100</b>			

# Induktive Kopplung

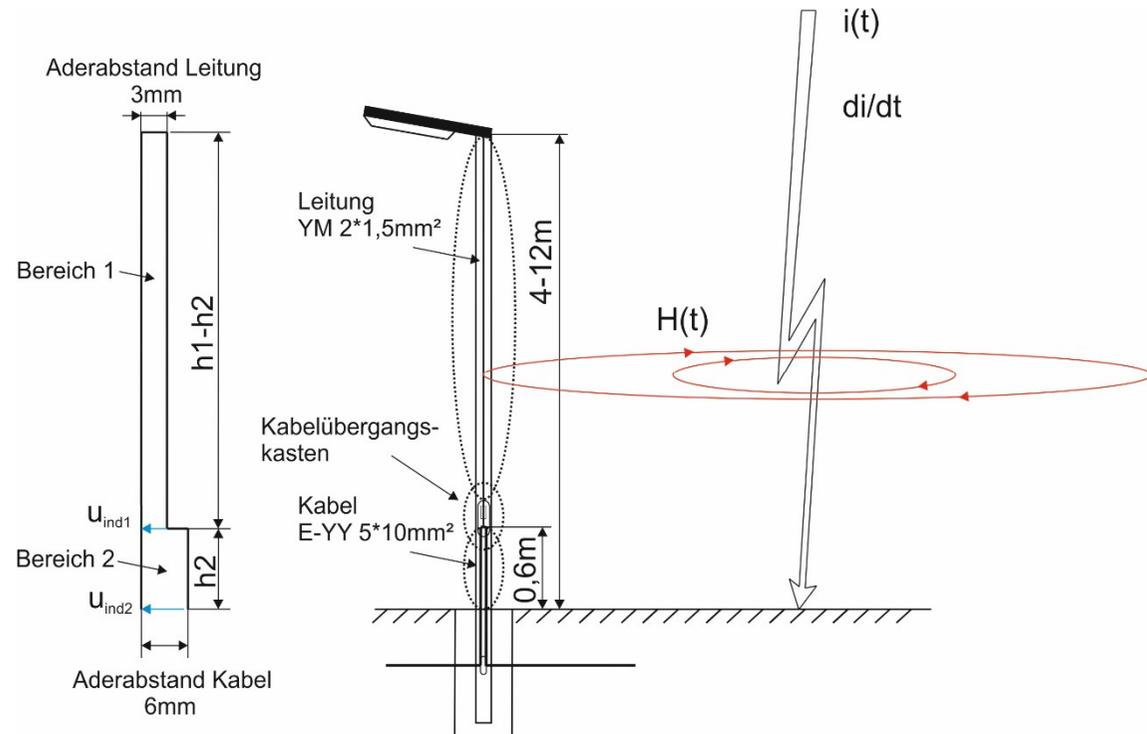
## Induktive Kopplung – Energieversorgungsleitung des Masts

- Unterschiedliche Mastmaterialien
  - Kunststoff
  - Stahl
  - Aluminium

Bis zu einige 100 m gilt:

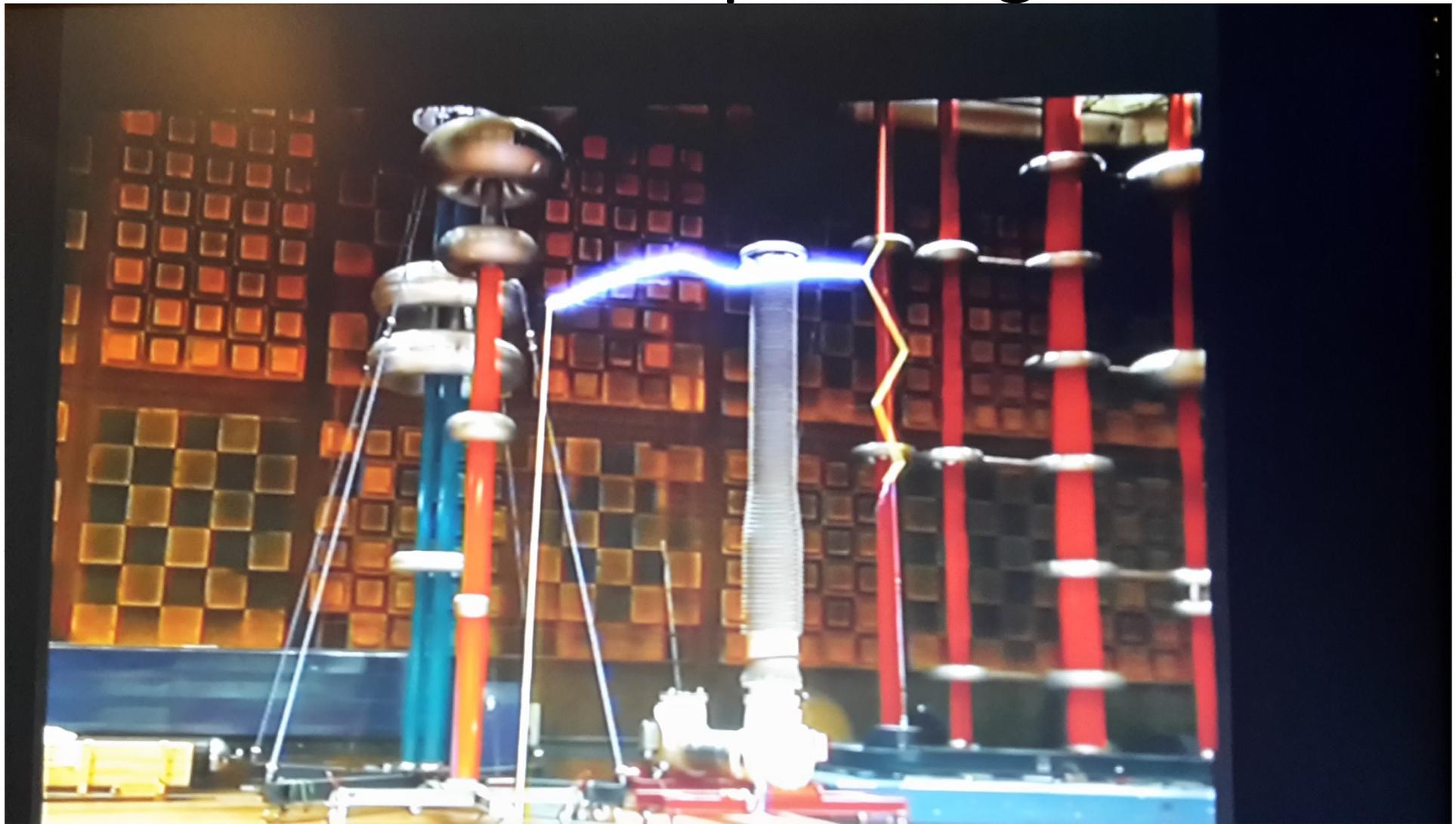
$$H(t) = \frac{i(t)}{2\pi s}$$

$$u_{ind} = - \frac{d\phi(t)}{dt}$$



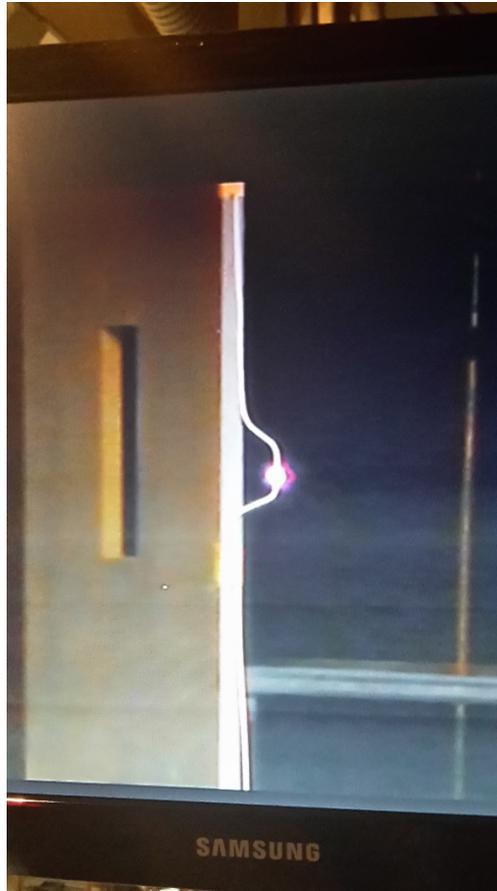
**ENERGIE GRAZ**

# TU Graz Hochspannungslabor



 **ENERGIE GRAZ**

# TU Graz Hochspannungslabor



 **ENERGIE GRAZ**

## Kunststoffmast

### Szenario 1: Blitzkugelverfahren

Einschlagpunkt durch Erstblitz wird bestimmt durch:

- Blitzkugelradius  $r$
- Abstand  $s$  zum Blitzkanal

Folgeblitz (größeres  $di/dt$ ) →  $u_{ind}$

Parametervariation:

- $\hat{I}$  Erstblitz: 3 - 200 kA
- $di/dt$  Folgeblitz(e): 12 - 280 kA/ $\mu$ s
- Mast-/Schleifenhöhe: 4 - 12 m
- Abstand zum Blitzkanal: 12 - 86 m

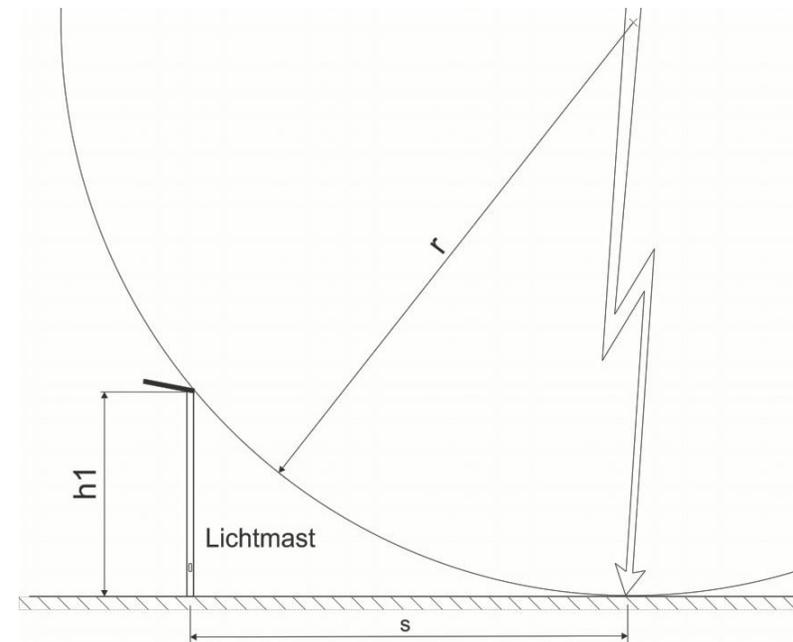
Ergebnisse (Größenordnung):

- $u_{ind,max} \approx 3 - 30 \text{ V}$

Blitzkugelradius

$$r = 10 \cdot \hat{I}^{0,65}$$

$$s = \sqrt{2 \cdot r \cdot h_1 - h_1^2}$$



**ENERGIE GRAZ**

## Kunststoffmast

### Szenario 2: Blitzeinschlag ( $s = 1-10 \text{ m}$ )

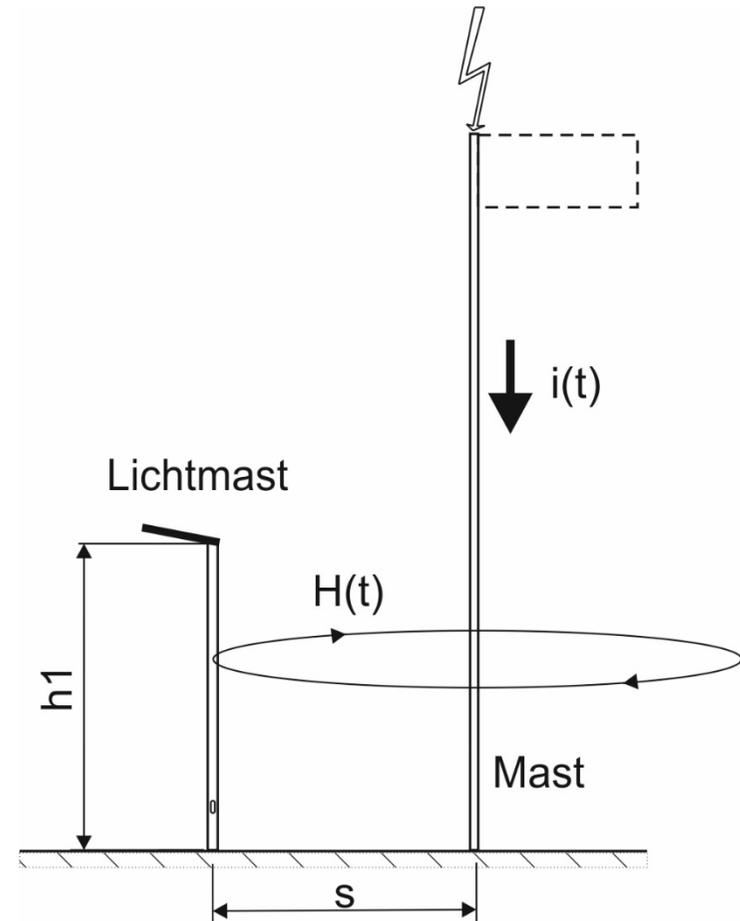
Blitzstrom wird von einer Ableitung nahe dem Lichtmast geführt (Abstand  $s$ )

Parametervariation:

- Mast-/Schleifenhöhe: 4 - 12 m
- Abstand zur blitzstromführenden Ableitung:  $s = 1 - 10 \text{ m}$
- Stromänderung:  $di/dt = 24,3 - 280 \text{ kA}/\mu\text{s}$

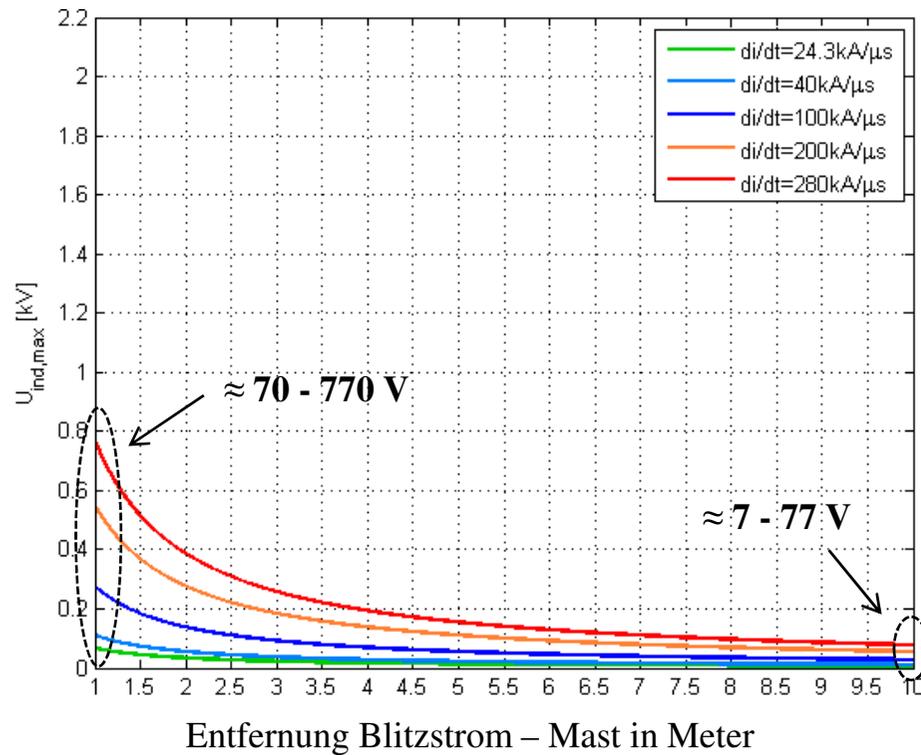
Ergebnisse:

- Masthöhe 4 m:  $u_{\text{ind,max}} \approx 7 - 770 \text{ V}$
- Masthöhe 12 m:  $u_{\text{ind,max}} \approx 18 \text{ V} - 2,1 \text{ kV}$

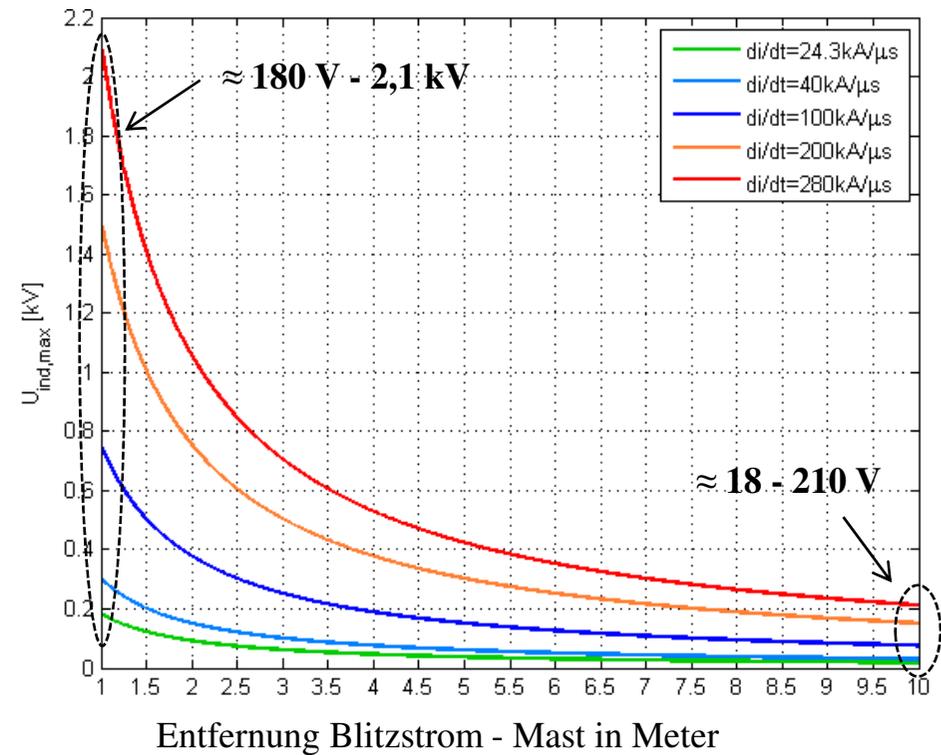


# Kunststoffmast

Masthöhe 4m, di/dt variabel:



Masthöhe 12m , di/dt variabel

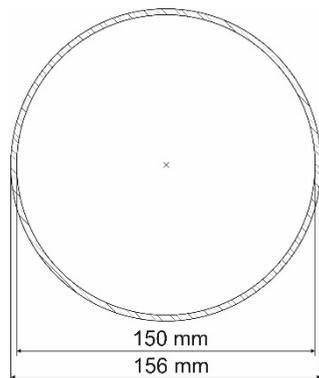


## Induktive Kopplung bei Stahl- und Aluminiummasten Finite Elemente Methode (FEM)

Modelbildung in  
EleFAnT2D



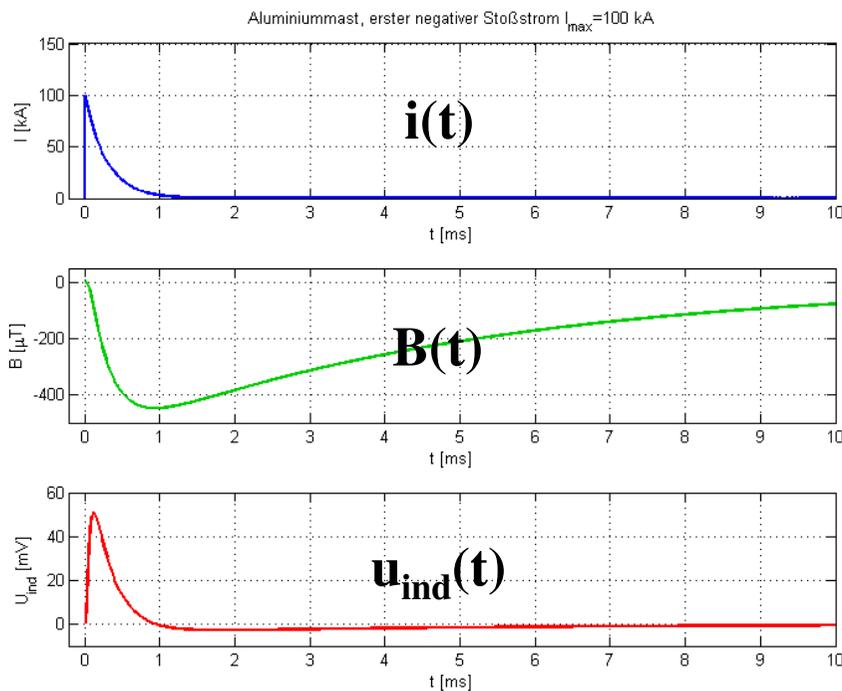
Mastabmessungen



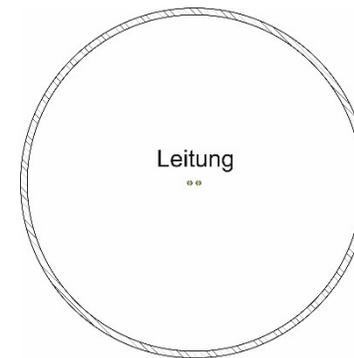
- Blitzstrom Zeitfunktionen laut OVE EN 62305-1
  - 10/350  $\mu\text{s}$  ( $\hat{I} = 200 \text{ kA}$ )
  - 1/200  $\mu\text{s}$  ( $\hat{I} = 100 \text{ kA}$ )
  - 0,25/100  $\mu\text{s}$  ( $\hat{I} = 50 \text{ kA}$ )
- Mast
  - $h = 12 \text{ m}$
  - Wandstärke = 3 mm
  - $\sigma_{St} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ S/m}$
  - $\sigma_{Al} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ S/m}$

**ENERGIE GRAZ**

# Induktive Kopplung bei Stahl- und Aluminiummasten Finite Elemente Methode (FEM)



Aluminiummast ( $h = 12$  m)  
1. neg. Stoßstrom ( $1/200 \mu s, \hat{I} = 100$  kA)



Maximalwerte der induzierten  
Spannung

Blitzstromverlauf	Stahlmast	Aluminiummast
	$u_{ind,max}$	$u_{ind,max}$
1. pos. Stoßstrom	170 $\mu V$	115 mV
1. neg. Stoßstrom	34 $\mu V$	50,7 mV
neg. Folgestoßstrom	6,5 $\mu V$	21,2 mV

→ „sehr geringe“ induktive  
Kopplung

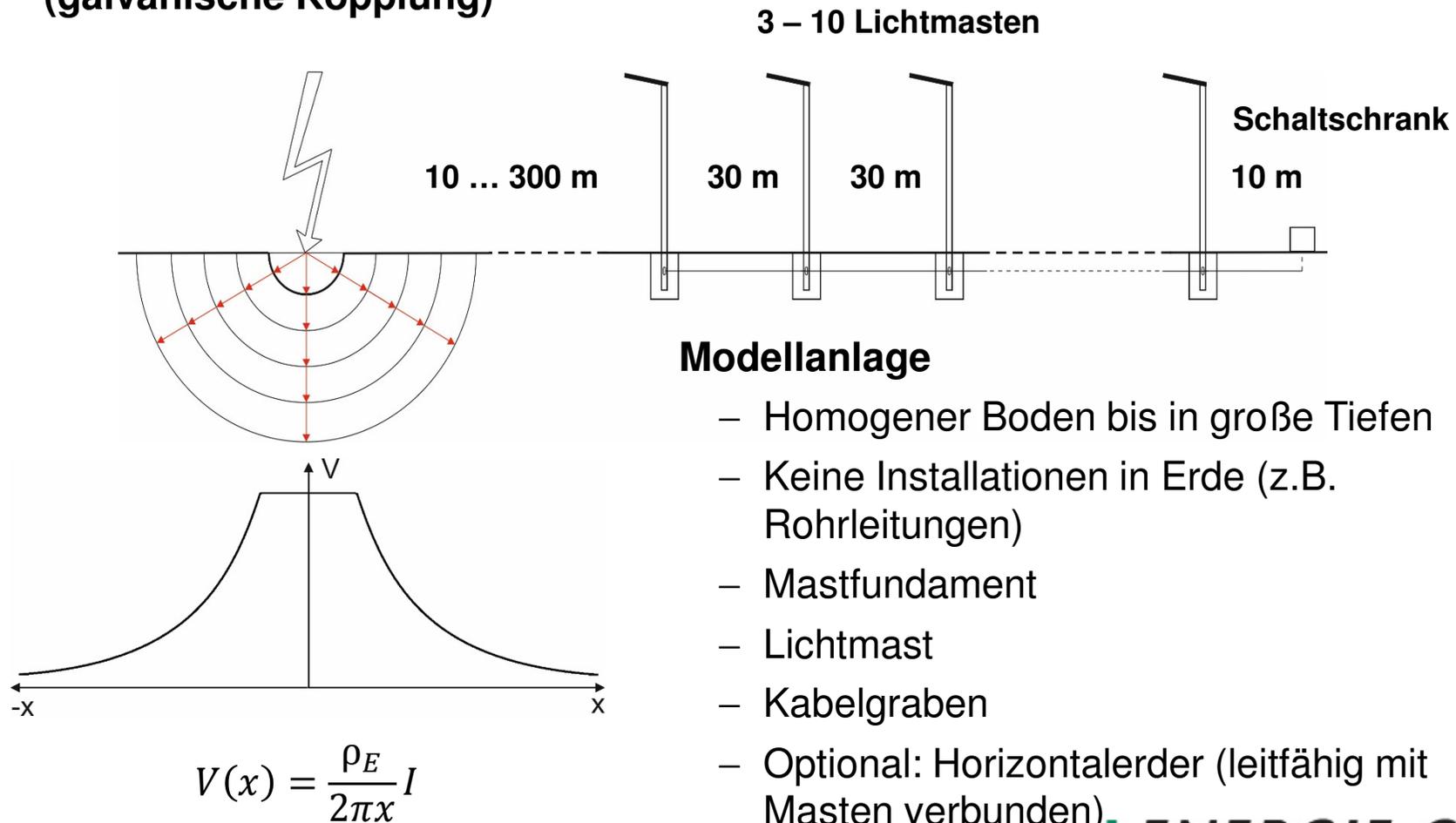
**ENERGIE GRAZ**

## Induktiven Kopplung - Resümee

- Kunststoffmast: Blitzeinschlag im Nahbereich (Blitzkugelverfahren)
  - Masthöhe = 4 - 12 m  $\rightarrow$   $s \approx 12 - 86$  m  $\rightarrow$   $u_{\text{ind,max}} \approx 3 - 30$  V
- Kunststoffmast: Blitzeinschlag in unmittelbarer Nähe ( $s = 1-10$  m)
  - Masthöhe = 4 m  $\rightarrow$   $u_{\text{ind,max}} \approx 7 - 770$  V
  - Masthöhe = 12 m  $\rightarrow$   $u_{\text{ind,max}} \approx 18$  V - 2,1 kV
- Stahl- und Aluminiummast (12 m): Blitzeinschlag in 2 m Abstand
  - $u_{\text{ind,max}}$  **im  $\mu$ V- bis mV-Bereich**
- „worst case“ Annahme
  - Blizentladung normal auf Erdoberfläche
  - Blitz und Leiterschleife in einer Ebene
  - Leitung als ideale Ebene

# Galvanische Kopplung

## Bodeneinschlag im Nahbereich einer lichttechnischen Anlage (galvanische Kopplung)



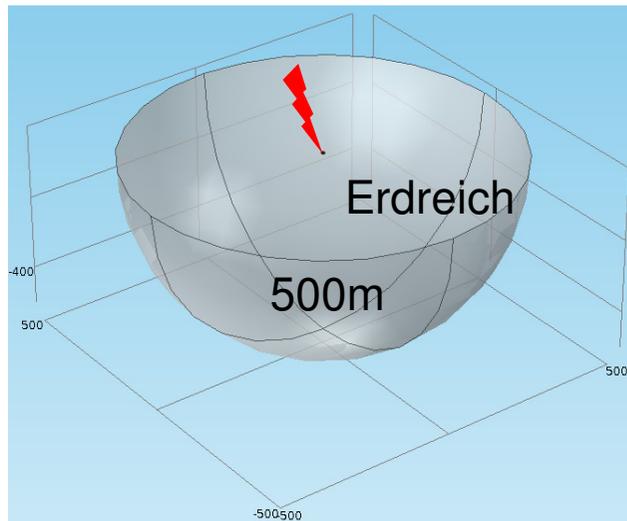
$$V(x) = \frac{\rho_E}{2\pi x} I$$

**ENERGIE GRAZ**

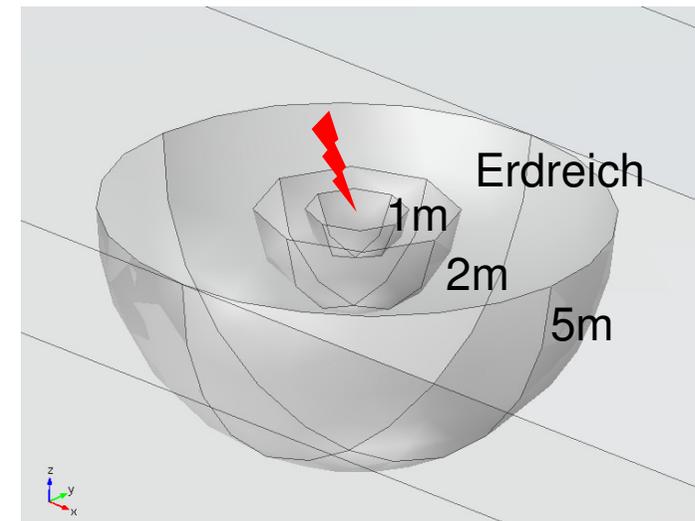
## Simulationsumgebung - FEM

Modellbildung in COMSOL Multiphysics

Basismodell



Blitzfußpunkt

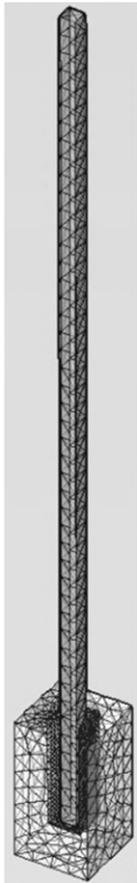


Simulationsparameter:  $\hat{I} = 100 \text{ kA (10/350}\mu\text{s)}$ ,  $\rho_E = 100 \Omega\text{m}$

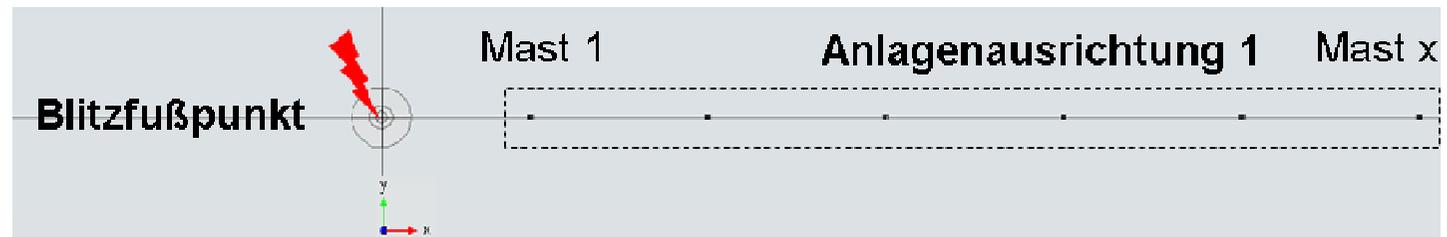
$\Rightarrow V(1\text{m}) \approx 1,6 \text{ MV}$ ,  $V(500\text{m}) \approx 3,2 \text{ kV}$

**ENERGIE GRAZ**

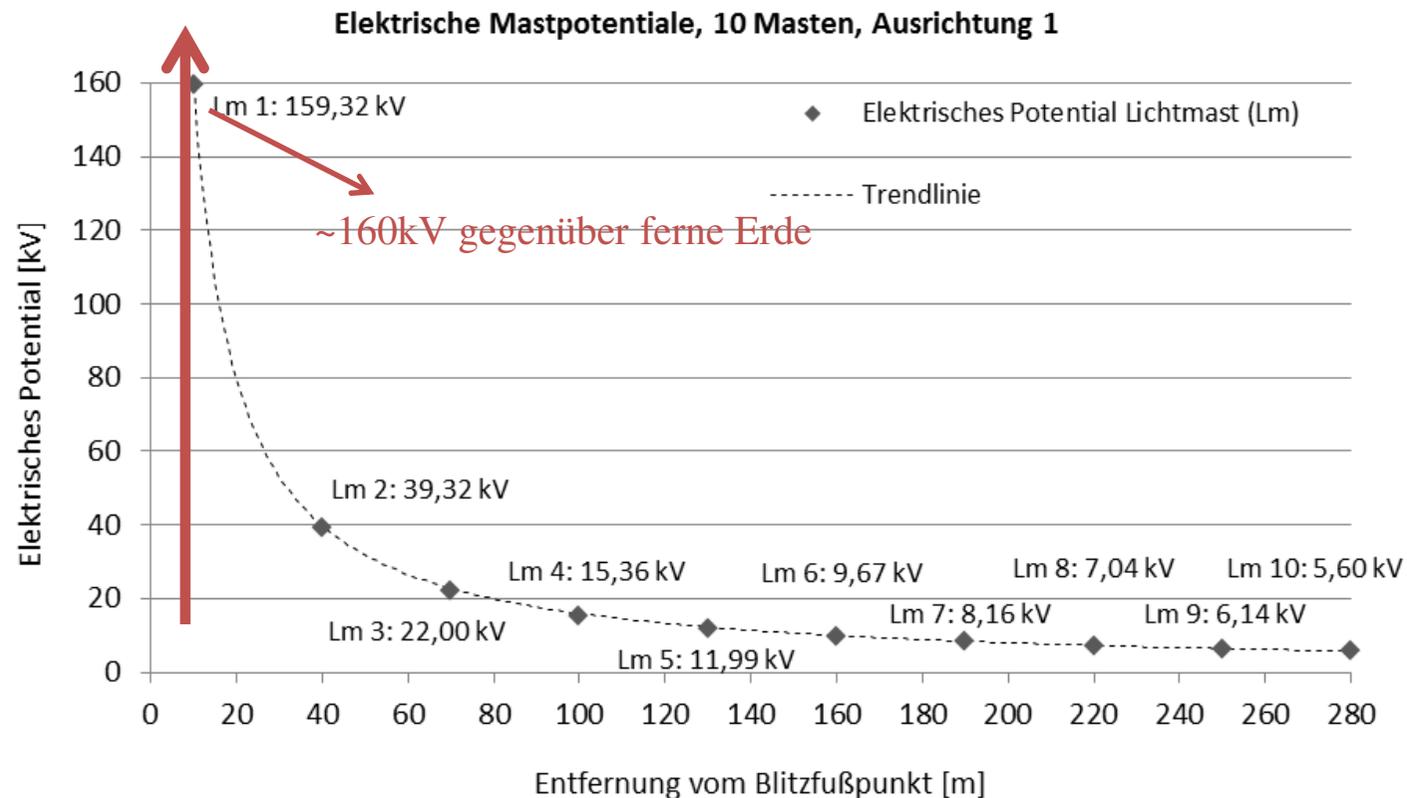
## Simulationsumgebung und Simulationsparameter



- Betonfundament – Spezifischer Bodenwiderstand
  - $\rho_B = 400 \Omega\text{m}$
  - Betonrohr, Kies  $\rho = 100 - 3000 \Omega\text{m}$
- Lichtmast - Leitfähigkeit
  - $\sigma_{St} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ S/m}$
  - $\sigma_{Al} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ S/m}$
  - $\sigma_{Kst} = 10^{-10} \dots 10^{-15} \text{ S/m}$
  - ( $h = 8 \text{ m}$ )



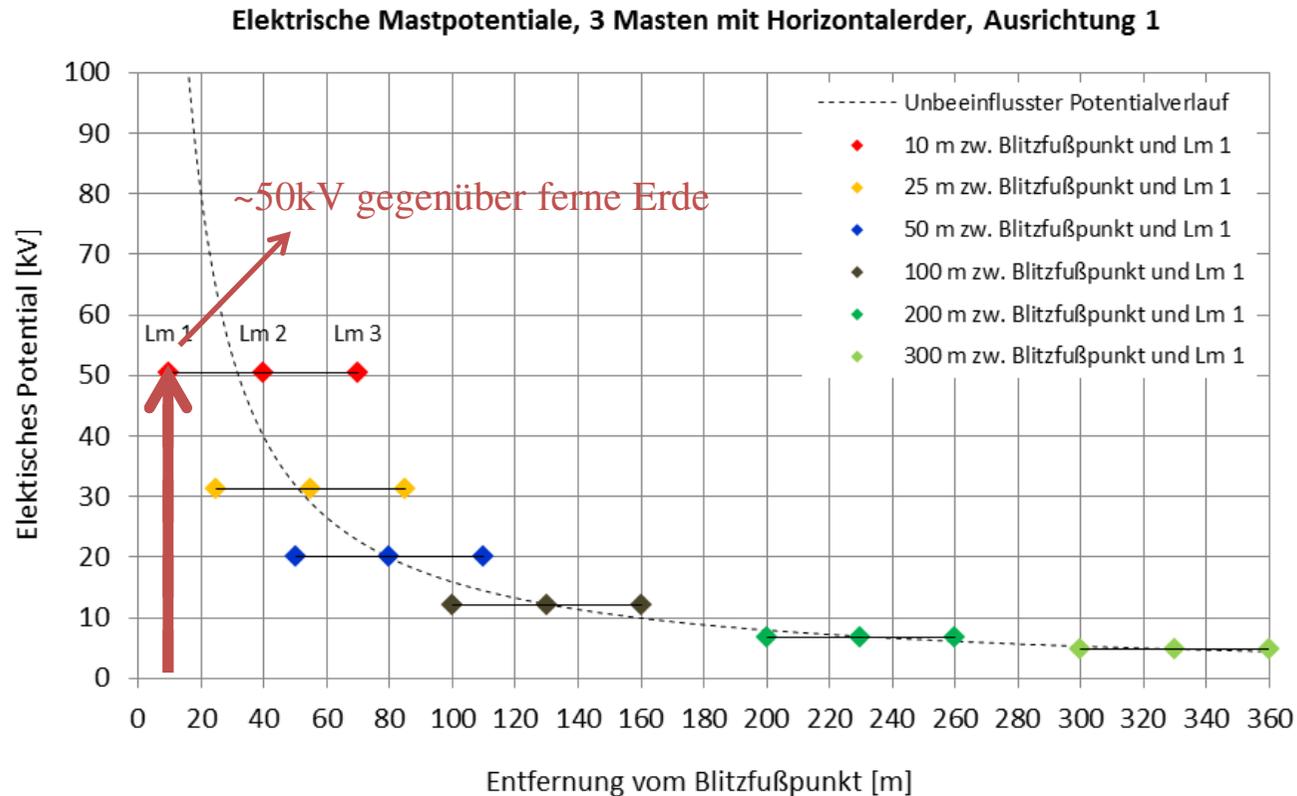
## Elektrische Mastpotentiale bei einer Anlage mit 10 einzelnen Masten (galvanisch Kopplung, ohne horizontalen Begleiterder)



Masten nehmen in etwa elektrische Potential des unbeeinflussten Potentialverlaufs an

**ENERGIE GRAZ**

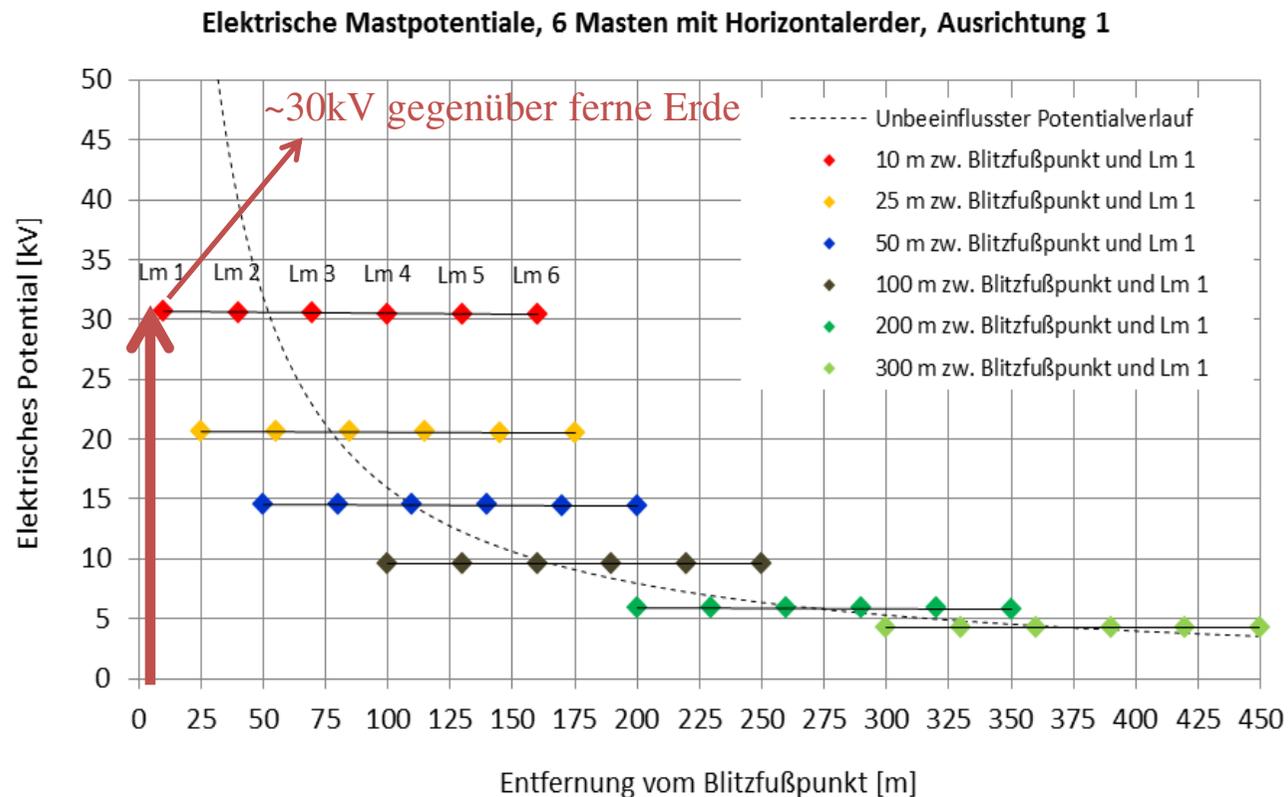
## Elektrische Mastpotentiale bei einer Anlage mit 3 verbundenen Masten (galvanisch Kopplung, mit horizontalen Begleiterder)



Verschiebung der Äquipotentiallinien durch leitfähige Bodeninstallation (z.B. Erder)

**ENERGIE GRAZ**

## Elektrische Mastpotentiale bei einer Anlage mit 6 verbundenen Masten (galvanisch Kopplung, mit horizontalen Begleiterder)



Verschiebung der Äquipotentiallinien durch leitfähige Bodeninstallation (z.B. Erder)

**ENERGIE GRAZ**

## Galvanische Kopplung - Resümee

- Anlage ohne Horizontalerder
  - Masten nehmen etwa elektrisches Potential des unbeeinflussten Verlaufs an
- Anlage mit Horizontalerder
  - Potentialverschleppung
  - Steigende Anlagenausdehnung → Absenkung des Potentials
- Änderung der spezifischen Widerstände der Fundamentstrukturen
  - geringe Auswirkung auf Mastpotentiale

## Zusammenfassung

- Datenerhebung
  - Wesentlich für Bestimmung der Anlagenart und Fehlerart (Ausgangssituation)
  - Keine Aussage über transiente Störbeeinflussungen möglich
  - Keine Systematik in der Anlagenerrichtung
- Induktive Kopplung
  - Spannungen im kV-Bereich bei hohen Kunststoffmasten und naher Blitzstromableitung (wenige Meter)
  - Ansonsten geringe induzierte Spannungen ( $\mu\text{V}$ - bis einige 10 V)
- Galvanische Kopplung
  - Nicht verbundene Masten (ohne horizontalen Begleiterder): Stark unterschiedliche Potentialanhebungen, Potentiale in Blitzeinschlagnähe von einigen 10 kV bis 100 kV
  - Elektrisch verbundene Masten (mit horizontalen Begleiterder): Vergleichmäßigung der Mastpotentiale und die Spannung gegenüber ferne Erde sinkt deutlich ab, Potentiale von wenigen 10 kV
  -
- Ergänzung Mark: Mischbetrieb LED/konventionelle Leuchtentechnologie vermeiden

# Transiente Spannungsbeanspruchung kabelgebundener lichttechnischer Anlagen im Außenbereich

Ing. Robert Mark  
r.mark@energie-graz.at  
Energie Graz GmbH & Co KG



# Hochspannungsprüfungen von LED-Leuchten gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547



Gemeinsame Präsentation der Ergebnisse  
Stadt Wien und Energie Graz

 **ENERGIE GRAZ**

# Übersicht

## Agenda

1. Auftraggeber der Prüfungen
2. Prüfinstitut und Prüfgeräte
3. Normanforderungen an LED-Straßenleuchten
4. Ziele und Erfahrungen mit LED-Leuchten
5. Erstprüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547
6. Modifizierte Prüfverfahren für Surge / Burst und ESD
7. Prüfmethode 1: Eine Leuchte für Surge / Burst und ESD
8. Prüfmethode 2: Zwei Leuchten für Surge / Burst und ESD
9. Zusammenfassung

# Auftraggeber der Prüfungen

 **ENERGIE GRAZ**

# 1. Auftraggeber der Prüfungen

## MA 33 - Wien Leuchtet

### Öffentliche Beleuchtung

150.000 Leuchten mit 220.000 Leuchtmitteln

### Ampelanlagen und Verkehrssicherheit

1.200 Ampelanlagen

1.300 beleuchtete Verkehrszeichen

1.000 beleuchtete Verkehrssäulen und Wegweiser

### Spezialanlagen

200 öffentliche Uhren

240 Lichtinstallationen

### WLAN mit ortsabhängigem Informationsdienst

15 Standorte mit rd. 70 Accesspoints in Betrieb

400 Access Points sollen 2015 und 2016 errichtet werden

# 1. Auftraggeber der Prüfungen

## Energie Graz

**Öffentliche Beleuchtung steirische Gemeinden und Graz**  
36.000 Leuchten

### **Spezialanlagen**

40 Gebäudeanstrahlungen öffentlicher Gebäude in Graz

# Prüfinstitut und Prüfgeräte

## 2. Prüfinstitut und Prüfgeräte

### AIT – Austrian Institute of Technology

Das AIT verfügt als einziges Unternehmen in Österreich über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Hochspannungs- und Hochstromprüfungen in hochspezialisierten Labors.

### Kompetenznachweise

- Akkreditiert nach EN ISO/IEC 17025
- Zertifiziert nach ISO 9001
- Akzeptiertes CB TESTING LABORATORY unter der Verantwortung des OVE als nationale Zertifizierungsstelle

Kontakt:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI Georg Brauner

+43 50550-6278

[georg.brauner@ait.ac.at](mailto:georg.brauner@ait.ac.at)

<http://www.ait.ac.at/research-services/research-services-energy/entwicklungsbegleitung-netzkomponenten/isolationssystemehochspannung/>



 **ENERGIE GRAZ**

## 2. Prüfinstitut und Prüfgeräte

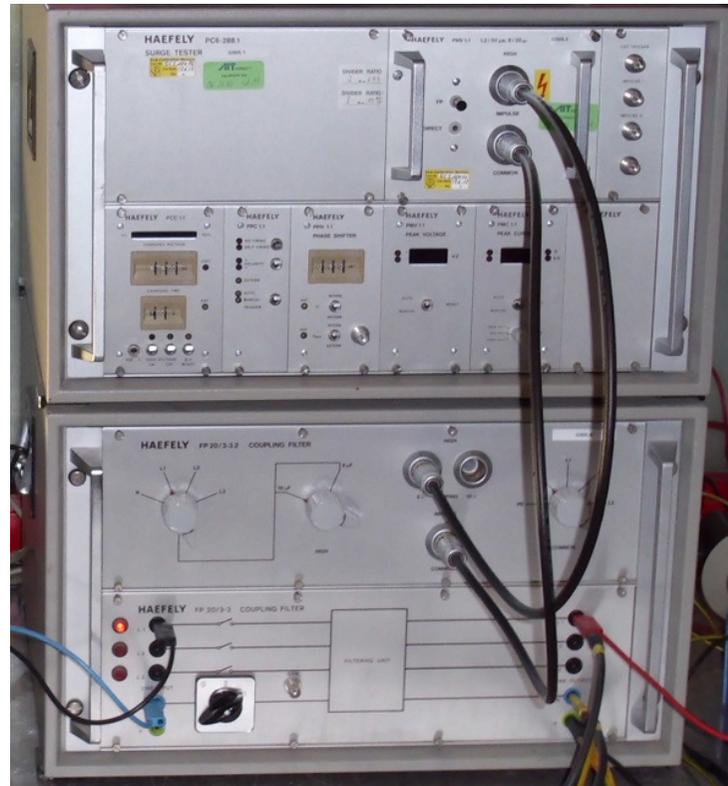
### 1. Power Analyzer zur Messung der elektrischen Daten



 **ENERGIE GRAZ**

## 2. Prüfinstitut und Prüfgeräte

### 2. Hochspannungsgenerator zur Surge- / Burst-Prüfung bis 6kV



 **ENERGIE GRAZ**

## 2. Prüfinstitut und Prüfgeräte

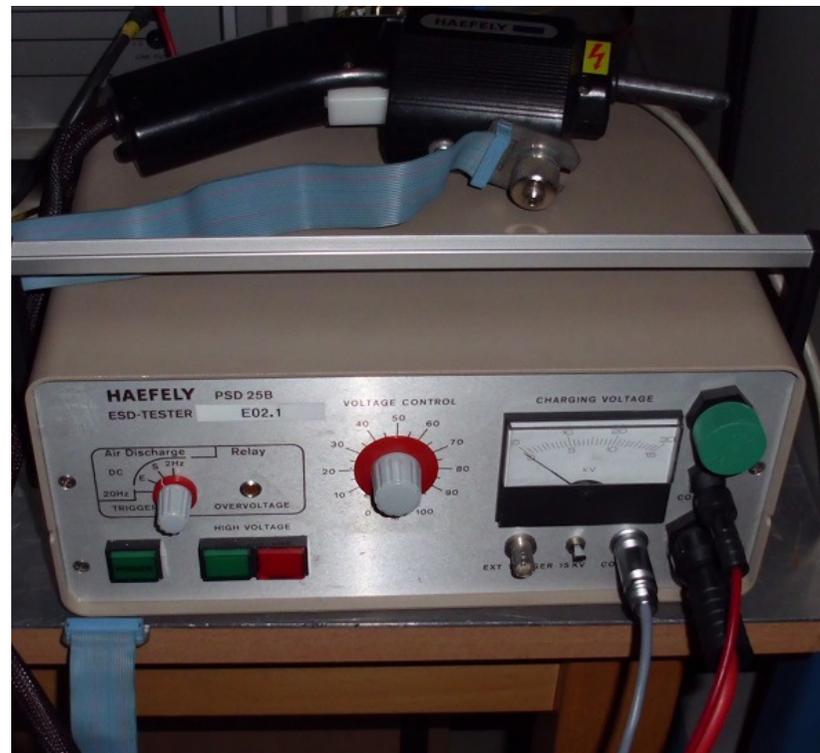
### 3. Hochspannungsgenerator zur Surge- / Burst-Prüfung bis 30kV



 **ENERGIE GRAZ**

## 2. Prüfinstitut und Prüfgeräte

### 4. ESD-Prüfgerät für Kontakt- und Luftstrecken-Entladungen



# Normanforderungen an LED-Straßenleuchten

 **ENERGIE GRAZ**

### 3. Normanforderungen an LED-Straßenleuchten

#### Auszug aus der ÖVE/ÖNORM EN 61547 – Surge- / Burst-Prüfung

##### 5.7 Stoßspannungen/-ströme

Diese Prüfungen sind nach IEC 61000-4-5 mit den in Tabelle 10 dieser Norm angegebenen Prüfanforderungen durchzuführen. Es müssen fünf positive und fünf negative Impulse zum Zeitpunkt der Spannungsmaxima der Wechselspannungs-Sinuswelle angewendet werden. Es sind zwei Prüfanforderungen für verschiedene Arten von Beleuchtungseinrichtungen angegeben.

Tabelle 10 – Stoßspannungen/-ströme – Prüfanforderungen an Netzeingänge, Wechselstrom

Merkmale		Prüfanforderungen		
		Beleuchtungseinrichtung		
		Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät und Semi-Leuchten	Leuchten und unabhängiges Zubehör	
			Eingangsleistung	
		≤ 25 W	> 25 W	
Impulsformdaten		1,2/50 µs	1,2/50 µs	1,2/50 µs
Prüfanforderungen	Phase zu Phase	0,5 kV	0,5 kV	1,0 kV
	Phase zu Masse	1,0 kV	1,0 kV	2,0 kV

### 3. Normanforderungen an LED-Straßenleuchten

#### Auszug aus der ÖVE/ÖNORM EN 61547 – Entladungen statischer Elektrizität

Es werden nur Luftentladungen geprüft, da diese für die Anforderungen eines Betreibers praxisrelevanter erscheinen.

##### 5.2 Entladungen statischer Elektrizität

Diese Prüfungen sind nach IEC 61000-4-2 mit den in Tabelle 1 dieser Norm angegebenen Prüfanforderungen durchzuführen. Die Kontaktentladung ist das bevorzugte Prüfverfahren. Es sind zwanzig Kontaktentladungen (10 mit positiver, 10 mit negativer Polarität) an jedem berührbaren Teil des Gehäuses vorzunehmen; Anschlüsse sind ausgenommen. Entladungen über eine Luftstrecke sind anzuwenden, wenn eine Kontaktentladung nicht anwendbar ist. Entladungen müssen gegen die waagerechte oder die senkrechte Koppelfläche nach IEC 61000-4-2 vorgenommen werden.

ANMERKUNG „Berührbar“ bedeutet: berührbar unter den üblichen Betriebsbedingungen einschließlich der Wartung durch den Benutzer.

Tabelle 1 – Entladungen statischer Elektrizität – Prüfanforderungen an Gehäuse

Merkmale	Prüfanforderungen
Entladung Luftstrecke	8 kV
Kontaktentladung	4 kV

# Ziele und Erfahrungen mit LED-Leuchten

## 4. Ziele und Erfahrungen mit LED-Leuchten

### Erfahrungen mit LED-Leuchten

Seit einigen Jahren werden LED-Leuchten in Versuchsstrecken getestet. Die in den Versuchsstrecken eingesetzten Leuchten erfüllen die aktuellen Leuchten-Prüfnormen. Trotzdem kommt es mit unterschiedlichen Häufigkeiten zu Ausfällen ohne ersichtliche Störungsursache. Wechselwirkungen zwischen Ausfall und Situation (Montageorte, Hersteller, Montagesituationen etc.) sind nicht zu erkennen. Aus den Erfahrungen mit den Versuchsstrecken können nur die Fehlerbilder aufgelistet werden.

### Fehlerbilder

Alle bekannten Fehler sind im Labor ebenfalls aufgetreten und hier zusammengefasst:

- Fehler 1: Komplettausfall
- Fehler 2: Lichtstromverlust, Reduktion der elektrischen Leistung
- Fehler 3: Einzelne LEDs flackern
- Fehler 4: Teilausfall einzelner LEDs



Beispielbild von Einzel-LED-Ausfällen

## 4. Ziele und Erfahrungen mit LED-Leuchten

### Ziele

**Betreiber müssen die Betriebssicherheit der Anlagen sicherstellen.** Aus diesem Grund wurden Prüfungen, wie diese seitens der aktuellen Normen vorgesehen sind, durchgeführt. Im Unterschied zur Normprüfung wurde jedoch die Spannung bis zur Zerstörung erhöht.

**Das Ziel der Untersuchung ist die Erarbeitung einer Prüfmethode zur Sicherstellung der Qualität im Rahmen von Beschaffungsverfahren.**

Die ÖVE/ÖNORM EN 61547 stellt dafür geeignete Grundlagen zur Verfügung.

**Als Prüflinge kamen Leuchten verschiedener Bauart** sowie unterschiedlicher Entwicklungsstufen von mehreren Herstellern zum Einsatz.

### Erstprüfung:

- Prüfung **verschiedener Leuchten** von unterschiedlichen Herstellern
- **Messung der elektrischen Daten** vor und nach dem „Beschuss“ und Erkennung von Veränderungen (Teilschädigung)
- **Mehrfacher Beschuss bis zum Defekt der Leuchte**  
Beschuss mit Norm-Werten
- **Beschuss mit erhöhter Spannung**  
Beschuss mit dem Mehrfachen der Norm-Werte

## 4. Ziele und Erfahrungen mit LED-Leuchten

### **Prüfmethode 1: Surge- / Burst-Prüfung und ESD-Prüfung mit derselben Leuchte**

Um Erfahrungen zu sammeln, wurde eine Prüfmethode angewendet, die beide Prüfungen vereint. Dabei werden die Surge- / Burst-Spannungen gem. Norm bis zum 5fachen erhöht. Im Anschluss wird die Leuchte mit ESD bis zur maximal prüfbareren Spannung von 30kV beaufschlagt.

### **Prüfmethode 2: Je eine eigene Leuchte für Surge- / Burst-Prüfung und ESD-Prüfung**

Als alternative Prüfmethode werden Surge / Burst sowie ESD-Prüfung an separaten Leuchten angewendet. Dabei wird eine Leuchte mit Surge / Burst bis zu 15fachen Normwerten (15 / 30kV) geprüft. Die zweite Leuchte gleichen Typs wird mit ESD bis 30kV geprüft.

Diese Prüfmethode erscheint zielführender, da Surge- / Burst-Prüfungen den Überspannungsbeanspruchungen der Leuchten in Mastanlagen (mit leitendem Mastmaterial) entsprechen. ESD-Beanspruchungen von LED-Leuchten treten bei isolierter Montage auf Kunststoffmasten und in Seilverspannungen auf.

**Erstprüfung gemäß  
ÖVE/ÖNORM EN 61547**

 **ENERGIE GRAZ**

## 5. Erstprüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547

### Surge- / Burst-Prüfablauf im Rahmen der Erstprüfung

- Messung der elektrischen Daten vor der Prüfung
- Prüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547:
  - 5 positive, 5 negative Impulse mit 1kV zwischen L und N
  - 5 positive, 5 negative Impulse mit 2kV zwischen L und Gehäuse
  - 5 positive, 5 negative Impulse mit 2kV zwischen N und Gehäuse
- Schrittweise Steigerung der Spannung auf ein mehrfaches der Norm-Werte nach jedem Testzyklus

Gegebenenfalls wurde auf Teilabläufe verzichtet, wenn klar war, dass diese für die jeweilige Leuchte kein Problem darstellen. Messung und Vergleich der elektrischen Daten erfolgten nach den einzelnen Prüfsequenzen. Bei auffälligem Verhalten von Leuchten wurde nach Bedarf auch dazwischen gemessen.

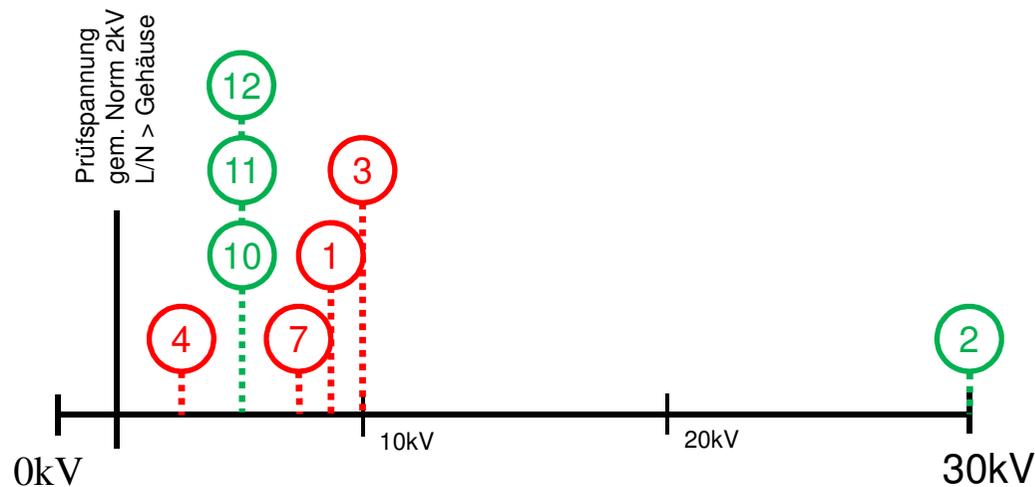
Am 6kV-Hochspannungsgenerator waren die Leuchten während der Prüfung in Betrieb. Diese Möglichkeit bestand bei den Tests am 30kV-Generator nicht. Nach dem Beschuss wurden die Leuchten auf Funktion geprüft.

## 5. Erstprüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547

### Ergebnisse der Erstprüfung – Surge- / Burst

Prüfablauf gemäß Norm. Die Spannungen wurden gegenüber den Normwerten von Testzyklus zu Testzyklus erhöht.

Ausfälle sind nur bei Tests L gegen Gehäuse oder N gegen Gehäuse aufgetreten.



Leuchte	Reaktion
1	Komplettausfall
2	kein Ausfall
3	Komplettausfall
4	Einzel-LED-Ausfall
7	Komplettausfall
10	kein Ausfall (bis 6kV)
11	kein Ausfall (bis 6kV)
12	kein Ausfall (bis 6kV)

## 5. Erstprüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547

### ESD-Prüfablauf im Rahmen der Erstprüfung

- Messung der elektrischen Daten vor der Prüfung
- Prüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547:
  - 10 positive Kontaktentladungen mit 4kV
  - 10 negative Kontaktentladungen mit 4kV
  - 10 positive Luftstrecken-Entladungen mit 8kV
  - 10 negative Luftstrecken-Entladungen mit 8kV
- Schrittweise Steigerung der Spannungswerte nach jedem Testzyklus

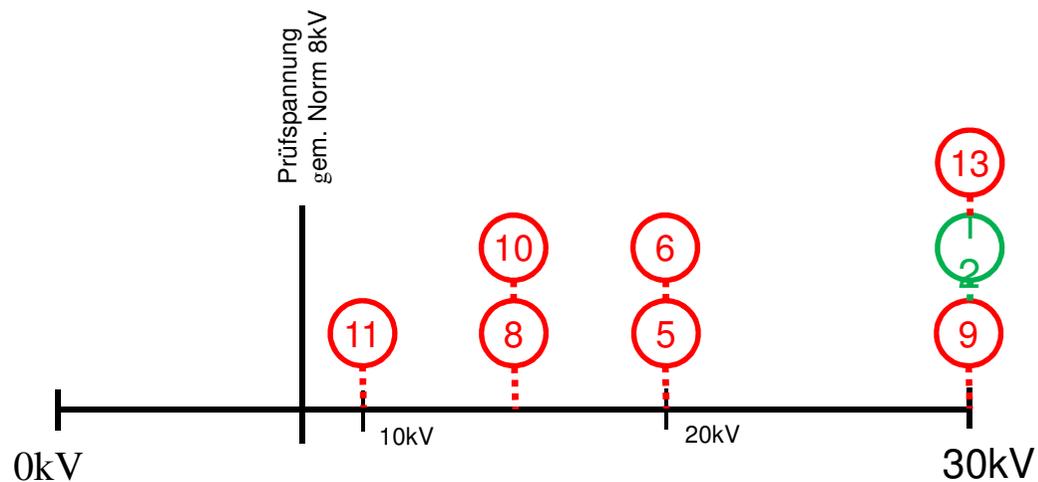
Messung und Vergleich der elektrischen Daten erfolgten nach den einzelnen Prüfsequenzen. Bei auffälligem Verhalten von Leuchten wurde nach Bedarf auch dazwischen gemessen.

In weiterer Folge wurde auf die Kontaktentladungen verzichtet. Diese haben die Leuchten nicht geschädigt. Die Luftstrecken-Entladungen stellen für die Leuchten offenbar das größere Problem dar.

Bei Polaritätswechseln konnte kein Einfluss auf die Schädigung festgestellt werden, weshalb teilweise darauf verzichtet wurde.

## 5. Erstprüfung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61547

### Ergebnisse der Erstprüfung – ESD



Leuchte	Reaktion
5	Einzel-LED-Ausfall
6	LED-flackern
8	Komplettausfall
9	LED-flackern
10	Komplettausfall
11	Komplettausfall
12	kein Ausfall
13	Komplettausfall

# Modifizierte Prüfverfahren für Surge / Burst und ESD

## 6. Modifizierte Prüfverfahren für Surge / Burst und ESD

### Modifizierter Surge- / Burst-Prüfablauf

- Messung der elektrischen Daten vor der Prüfung
- Prüfung in Anlehnung an ÖVE/ÖNORM EN 61547 (Reihenfolge beachten):
  - 5 positive, 5 negative Impulse zwischen L und N
  - 5 positive, 5 negative Impulse zwischen L und Gehäuse (Gehäuse geerdet)
  - 5 positive, 5 negative Impulse zwischen N und Gehäuse
- Spannungswerte: 3fache, 5fache und 8fache, 10fache sowie 15fache Norm-Werte
- Wenn die Leuchte noch funktioniert, erneute Testsequenz mit den nächst höheren Spannungswerten
- Bei Ausfall der Leuchte Angabe des Fehlerbildes sowie des Ausfallzeitpunktes.

Messung und Vergleich der elektrischen Daten erfolgen nach den einzelnen Prüfsequenzen. Bei auffälligem Verhalten von Leuchten wird nach Bedarf auch dazwischen gemessen.

Am 6kV-Hochspannungsgenerator ist die Leuchte während der Prüfung in Betrieb. Diese Möglichkeit besteht bei den Tests am 30kV-Generator nicht.

## 6. Modifizierte Prüfverfahren für Surge / Burst und ESD

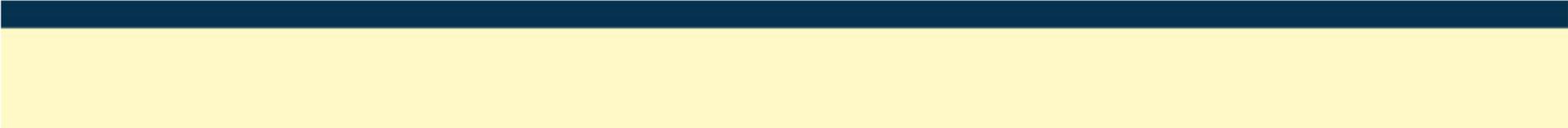
### Modifizierter ESD-Prüfablauf

- Messung der elektrischen Daten vor der Prüfung
- Prüfung in Anlehnung an ÖVE/ÖNORM EN 61547:
  - 10 Luftstrecken-Entladungen mit 10kV
  - 10 Luftstrecken-Entladungen mit 15kV
  - 10 Luftstrecken-Entladungen mit 20kV
  - 10 Luftstrecken-Entladungen mit 30kV
- Wenn die Leuchte noch funktioniert, erneute Testsequenz mit den nächst höheren Spannungswerten
- Bei Ausfall der Leuchte Angabe des Fehlerbildes sowie des Ausfallzeitpunktes.

Messung und Vergleich der elektrischen Daten erfolgten nach den einzelnen Prüfsequenzen. Bei auffälligem Verhalten von Leuchten wurde nach Bedarf auch dazwischen gemessen.

Während des ESD-Tests ist die zu prüfende Leuchte in Betrieb.

Auf den Wechsel der Polarität der Entladungen wird verzichtet.



# **Prüfmethode 1: Eine Leuchte für Surge / Burst und ESD**

 **ENERGIE GRAZ**

## 7. Prüfmethode 1: 1 Leuchte für Surge / Burst und ESD

### Prüfablauf Prüfmethode 1:

- Surge- / Burst-Prüfung gemäß modifiziertem Prüfverfahren
  - Prüfung mit 3fachen Normwerten
  - Prüfung mit 5fachen Normwerten
- ESD-Prüfung gemäß modifiziertem Prüfverfahren

Bei dieser Prüfmethode werden Surge- / Burst-Prüfung sowie ESD-Prüfung nacheinander auf dieselbe Leuchte angewendet.

Daher erfolgt die Surge- / Burst-Prüfung nur bis zum 5fachen der Normspannungen. Anschließend erfolgt der ESD-Test.

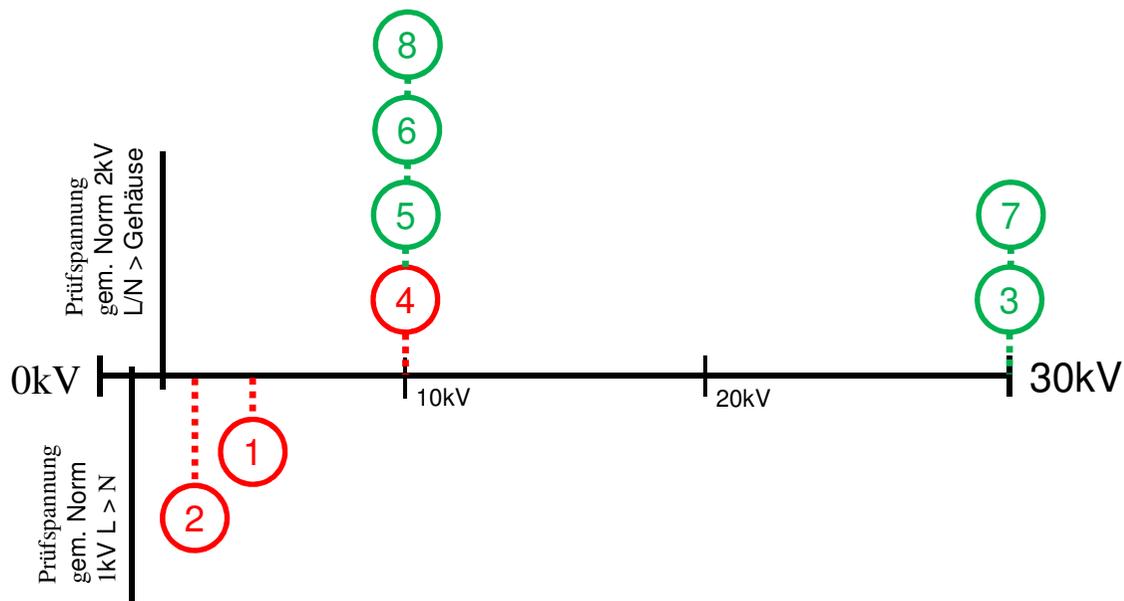
Zur Anwendung kommen die in Punkt 6 beschriebenen, modifizierten Prüfverfahren.

# 7. Prüfmethode 1: 1 Leuchte für Surge / Burst und ESD

## Ergebnisse der Prüfmethode 1 – Surge- / Burst

Prüfablauf gemäß Norm. Die Spannungen wurden gegenüber den Normwerten von Testzyklus zu Testzyklus erhöht.

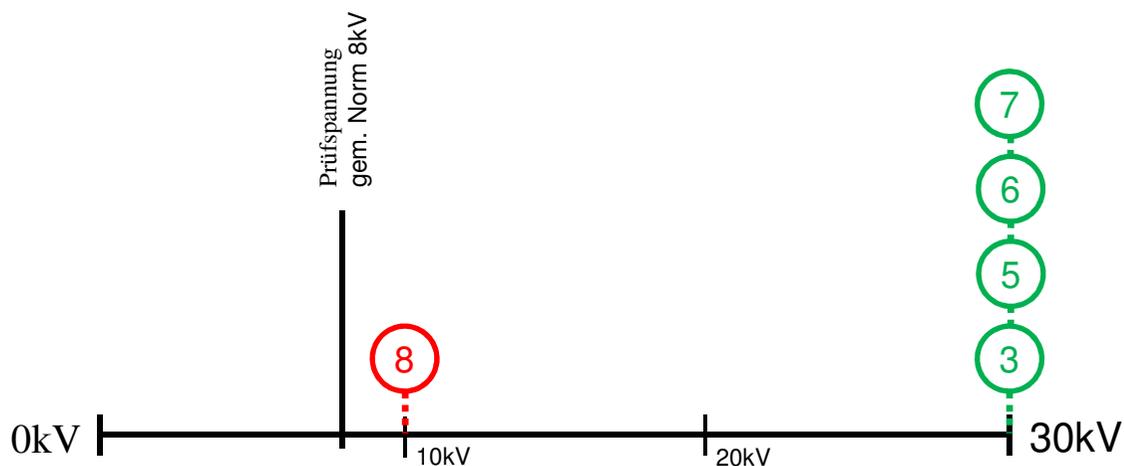
1. L > N    2. L > Gehäuse    3. N > Gehäuse



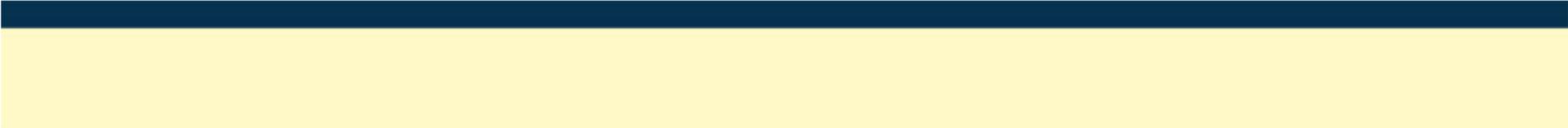
Leuchte	Reaktion
1	Komplettausfall
2	Komplettausfall
3	kein Ausfall
4	höhere Leistung
5	kein Ausfall (bis 10kV)
6	kein Ausfall (bis 10kV)
7	kein Ausfall
8	kein Ausfall (bis 10kV)

## 7. Prüfmethode 1: 1 Leuchte für Surge / Burst und ESD

### Ergebnisse der Prüfmethode 1 – ESD



Leuchte	Reaktion
1	Ausfall bei Surge/Burst
2	Ausfall bei Surge/Burst
3	kein Ausfall
4	Ausfall bei Surge/Burst
5	kein Ausfall
6	kein Ausfall
7	kein Ausfall
8	Komplettausfall



# **Prüfmethode 2: Zwei Leuchten für Surge / Burst und ESD**

## 8. Prüfmethode 2: 2 Leuchten für Surge / Burst u. ESD

### Prüfablauf Prüfmethode 2:

- 1. Leuchte: Surge- / Burst-Prüfung gemäß modifiziertem Prüfverfahren
- 2. Leuchte: ESD-Prüfung gemäß modifiziertem Prüfverfahren

Bei dieser Prüfmethode werden zwei baugleiche Leuchten eingesetzt. Eine wird der Surge- / Burst-Prüfung unterzogen, die andere der ESD-Prüfung.

Zur Anwendung kommen die in Punkt 6 beschriebenen, modifizierten Prüfverfahren.

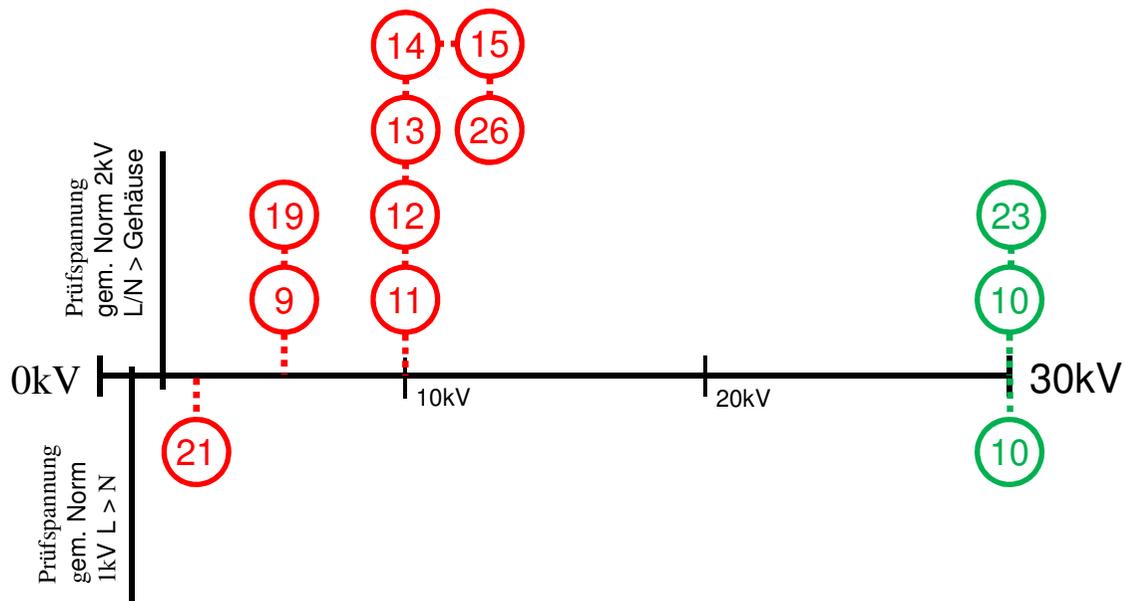
Die Prüfungen erfolgen bis zur maximalen, im jeweiligen Prüfverfahren angegebenen Spannung.

# 8. Prüfmethode 2: 2 Leuchten für Surge / Burst u. ESD

## Ergebnisse der Prüfmethode 2 – Surge- / Burst

Prüfablauf gemäß Norm. Die Spannungen wurden gegenüber den Normwerten von Testzyklus zu Testzyklus erhöht.

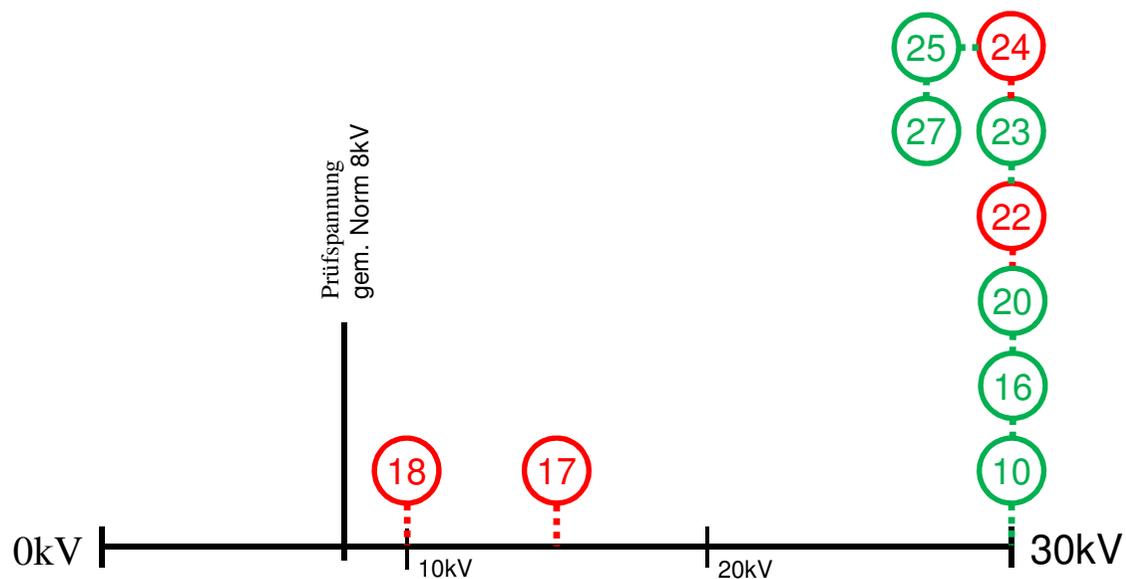
1. L > N    2. L > Gehäuse    3. N > Gehäuse



Leuchte	Reaktion
9	Komplettausfall
10	kein Ausfall
11	LED-Teilausfall
12	Komplettausfall
13	Komplettausfall
14	Leistungsabfall
15	Leistungsabfall
19	Komplettausfall
21	Komplettausfall
23	kein Ausfall
26	Komplettausfall

## 8. Prüfmethode 2: 2 Leuchten für Surge / Burst u. ESD

### Ergebnisse der Prüfmethode 2 – ESD



Leuchte	Reaktion
10	kein Ausfall
16	kein Ausfall
17	Komplettausfall
18	Einzel-LED-Ausfall
20	kein Ausfall
22	LED-Flackern
23	kein Ausfall
24	Komplettausfall
25	kein Ausfall
27	kein Ausfall

# Zusammenfassung

## 9. Zusammenfassung

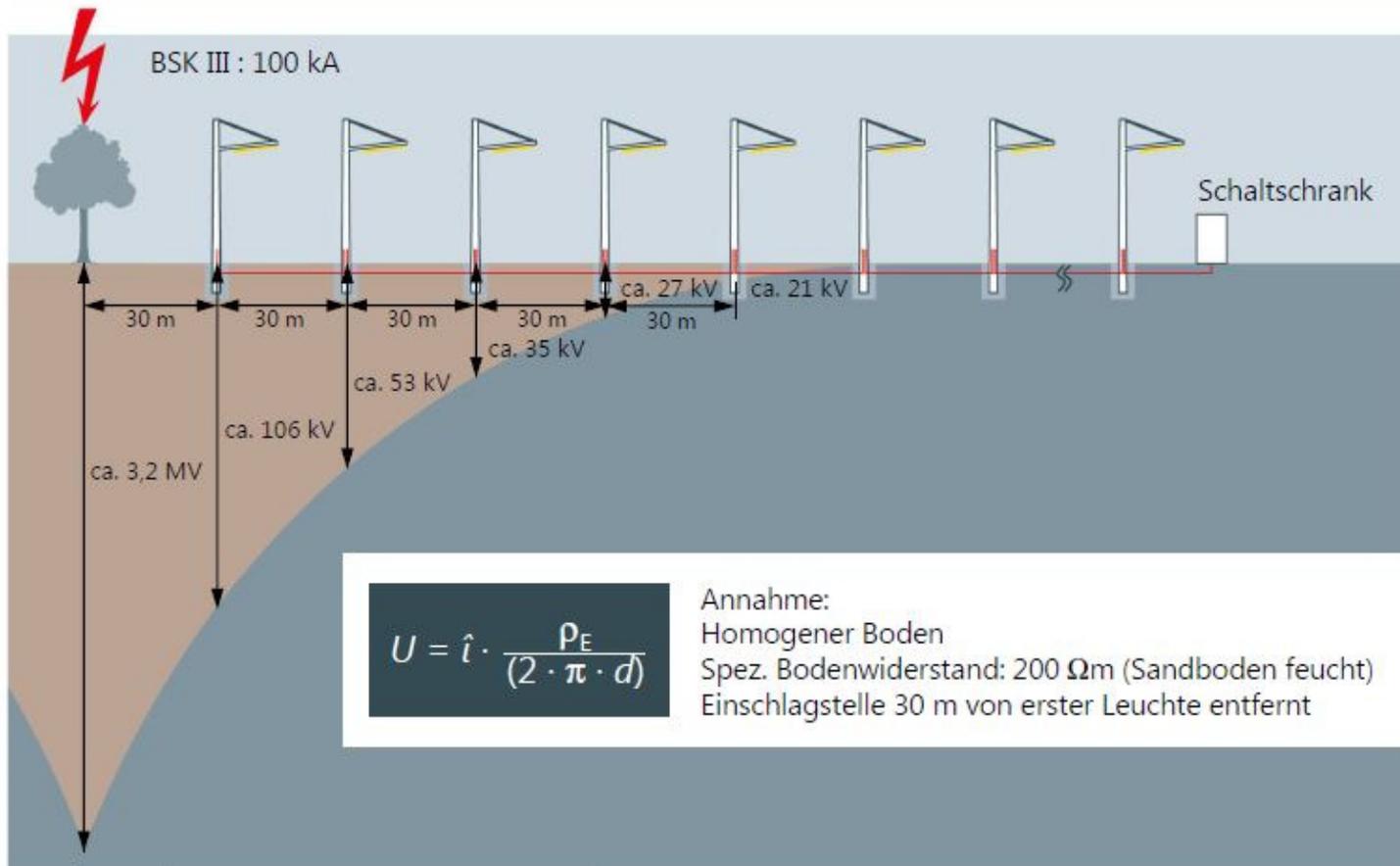
- Die Ergebnisse der Erstprüfung und der Prüfmethode der Folgeprüfungen dürfen nicht direkt verglichen werden und sind daher in separaten Diagrammen dargestellt.
- Wie der praktische Betrieb von Versuchsanlagen gezeigt hat, bietet die bei der Prüfung erreichte Erfüllung der Normwerte keinen ausreichenden Schutz.
- Absolute Spannungswerte, die während des Betriebes von Beleuchtungsanlagen auftreten, sind nicht bekannt. Darüber hinaus hängt eine Schädigung von Leuchten von vielen Faktoren ab. Das reicht von der Häufigkeit von Überspannungseignissen bis hin zur abzuleitenden Energie.
- Je höher die Spannungsfestigkeit (Surge / Burst sowie ESD), desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass die Leuchte im praktischen Betrieb robuster ist.
- Die Prüfmethode sind für Leuchten mit Kunststoff-Außengehäuse mit Sicherheit nicht aussagekräftig.

## 9. Zusammenfassung

- Ein Schutzkonzept für eine Beleuchtungsanlage muss, neben resistenten Leuchten, auch andere Faktoren berücksichtigen.
- 100%ige Sicherheit für den Betrieb von Beleuchtungsanlagen kann es nicht geben, jedoch lässt sich die Betriebssicherheit durch geeignete Produkte und Schutzkonzepte erheblich erhöhen.

## Berechnung Fa. Dehn

### Einschlag im Nahbereich einer lichttechnischen Anlage (galvanische Kopplung)

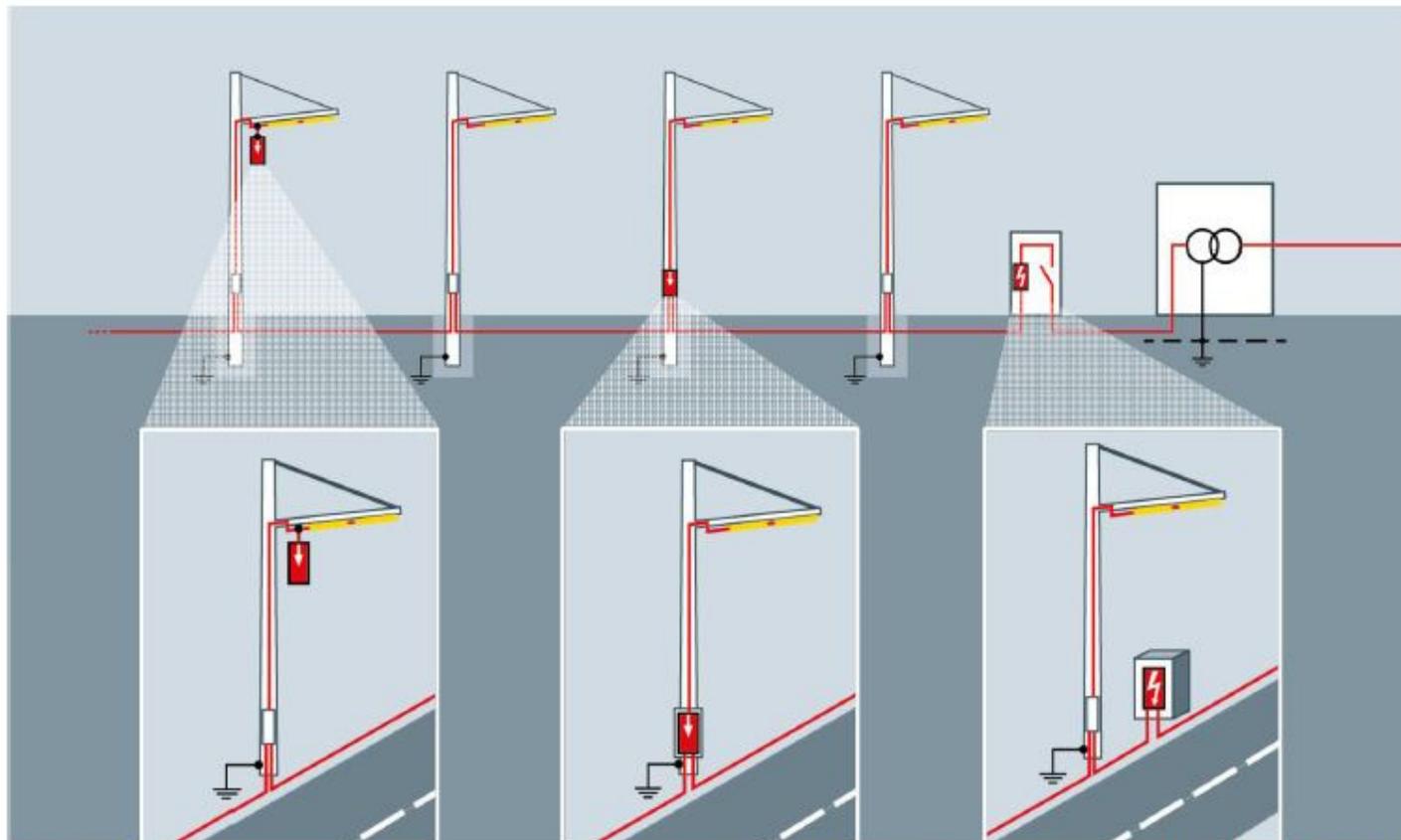


$$U = \hat{i} \cdot \frac{\rho_E}{(2 \cdot \pi \cdot d)}$$

Annahme:  
Homogener Boden  
Spez. Bodenwiderstand: 200 Ωm (Sandboden feucht)  
Einschlagstelle 30 m von erster Leuchte entfernt

## Beispiel Fa. Dehn

### Praktischer Aufbau eines Straßenbeleuchtungssystems



© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

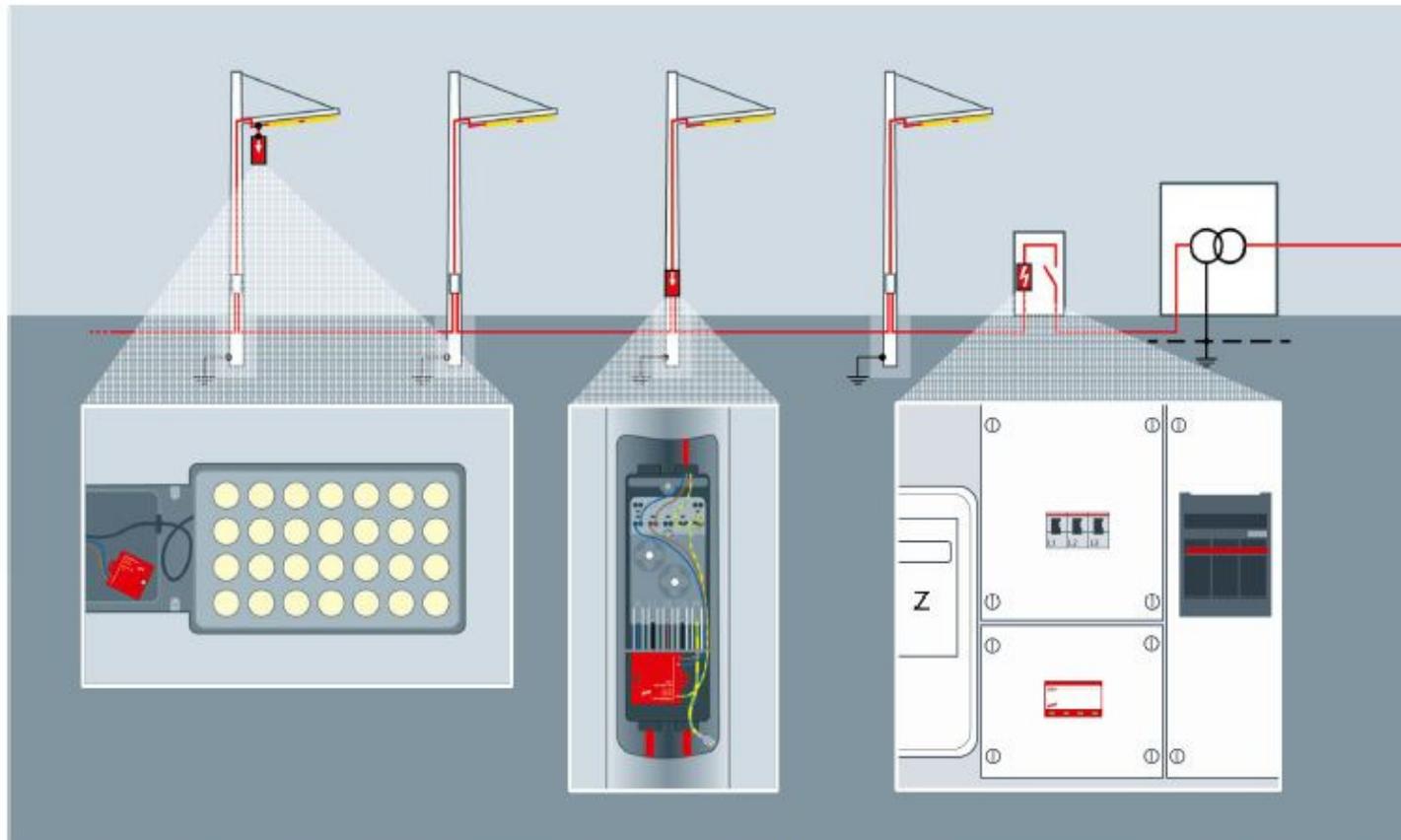
Überspannungsschutz für LED-Beleuchtung

14.08.14 [20140814] / 9380\_D\_2

**ENERGIE GRAZ**

## Beispiel Fa. Dehn

### Praktischer Aufbau eines Straßenbeleuchtungssystems



© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

Überspannungsschutz für LED-Beleuchtung

22.08.14 [20140822] / 9380\_D\_3

**ENERGIE GRAZ**

**Danke für die Aufmerksamkeit**