

# RISIKOORIENTIERTE INSTANDHALTUNGSOPTIMIERUNG VON MITTELSPANNUNGSKABELN

Jochen BÜHLER<sup>1</sup>, (Martin HALLAS\*), Gerd BALZER<sup>2</sup>

## Einleitung

Der Strommarkt in Deutschland hat sich seit der Liberalisierung der Energiewirtschaft stark gewandelt. Die neue Wettbewerbssituation hat den Kostendruck auf die Netzbetreiber massiv erhöht. Aus diesem Grund sehen sich diese heutzutage gezwungen mögliche Einsparpotentiale zu erschließen. Große Einsparpotentiale bietet die Instandhaltungsoptimierung. Einsparungen in diesem Bereich sind jedoch stets mit Risiken behaftet, da sie sich negativ auf die Netzzuverlässigkeit auswirken können. Am stärksten wird die Netzzuverlässigkeit zurzeit durch den Zustand der Mittelspannungsnetze geprägt. Diese sind nämlich für 90% aller Ausfälle im gesamten elektrischen Netz verantwortlich. Der Großteil dieser Ausfälle lässt sich wiederum auf die Mittelspannungskabel zurückführen.

Aus diesem Grund ist es von großer Wichtigkeit, ein Modell zur Instandhaltungsoptimierung von Mittelspannungskabeln zu entwickeln. In diesem Paper wird ein MATLAB<sup>®</sup> Modell dargestellt, mit welchem sich Entscheidungen, über zukünftige Investitionen in das Kabelnetz, objektivieren lassen. Mögliche Investitionen werden hierbei auf Erneuerungen beschränkt, da Inspektionen und Wartungen an Kabelanlagen nur in Ausnahmefällen durchgeführt werden. Ziel der Optimierung ist es somit, den größten Nutzen bei einem vorgegebenen Erneuerungsbudget zu erzielen. Dies wird erreicht, indem das Kosten-Nutzen Verhältnis für alle möglichen Erneuerungsmaßnahmen evaluiert wird. Dadurch ist es im Anschluss möglich, die Maßnahmen zu priorisieren.

## Instandhaltungsoptimierung

Heutige Mittelspannungsnetze sind größtenteils historisch gewachsen. D.h. sie beinhalten in der Regel Kabelanlagen unterschiedlichen Typs und Alters. Zudem bestehen Kabelanlagen normalerweise aus einer Vielzahl kleinerer Kabelstücke, welche über Muffen miteinander verbunden sind. Bei der Erneuerungsoptimierung müssen also stets Teilerneuerungen mitberücksichtigt werden. Abbildung 1 zeigt schematisch das Vorgehen einer Kosten-Nutzen Analyse für ein Mittelspannungs-Ringnetz.

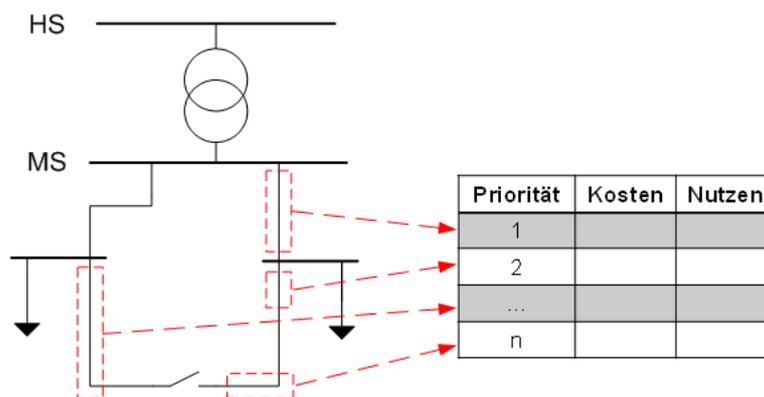


Abbildung 1: Schematisches Vorgehen bei der Kosten-Nutzen Analyse.

<sup>1</sup> Jochen Bühler, Technische Universität Darmstadt, Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt, Tel.: 06151/163151, Fax.:06151/164259, [Jochen.Buehler@EEV.TU-Darmstadt.de](mailto:Jochen.Buehler@EEV.TU-Darmstadt.de), [www.eev.e-technik.tu-darmstadt.de](http://www.eev.e-technik.tu-darmstadt.de)

<sup>2</sup> Gerd Balzer, Technische Universität Darmstadt, Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt, Tel.: 06151/164852, Fax.:06151/164259, [Gerd.Balzer@EEV.TU-Darmstadt.de](mailto:Gerd.Balzer@EEV.TU-Darmstadt.de), [www.eev.e-technik.tu-darmstadt.de](http://www.eev.e-technik.tu-darmstadt.de)

\* Martin Hallas, Technische Universität Darmstadt, Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt, Tel.: 06151/163151, Fax.:06151/164259, [Martin.Hallas@stud.TU-Darmstadt.de](mailto:Martin.Hallas@stud.TU-Darmstadt.de)

Es ist zu erkennen, dass für eine Priorisierung der Maßnahmen, die Kosten und der Nutzen jeder Erneuerungsoption bestimmt werden müssen. Die Kosten ergeben sich aus Kabel- und Verlegungskosten. Sie hängen daher von der Kabellänge, der Verlegungsumgebung (z.B. städtisch oder ländlich), usw. ab. Der Nutzen hingegen, lässt sich durch die Absenkung des Ausfallrisikos quantifizieren. Dieses bestimmt sich aus der Differenz des Risikos vor und nach der Maßnahme. Hierbei müssen alle Komponenten wie Muffen, Endverschlüsse oder Kabel, welche zum Gesamtrisiko beitragen berücksichtigt werden. Das Risiko jeder Komponente berechnet sich aus dem Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaßes. Diese beiden Faktoren wurden auf der Grundlage statistischer Daten, in Abhängigkeit äußerer Faktoren wie die Verlegungsumgebung bestimmt. Zudem wurde bei der Bestimmung des Schadensausmaßes menschliches Kausalwissen mit Hilfe der Fuzzy-Logik in das Modell eingebunden. Da Lastausfälle ab dem Jahr 2012 in Deutschland pönalisiert werden, wurden zusätzlich Strafzahlungen für die nicht zeitgerecht gelieferte Energie berücksichtigt.

## Ergebnisse

Das vorgestellte Modell wurde auf einen Teilausschnitt eines realen Mittelspannungsnetzes einer deutschen Großstadt angewandt. In Abbildung 2 ist die Risikoänderung des Kabelnetzes in Abhängigkeit des verfügbaren Budgets dargestellt. Die rote Linie zeigt im Umkehrschluss an, welches Budget aufgebracht werden müsste, um einen gewünschten Risikowert zu erzielen. Dieser könnte z.B. unternehmensspezifisch festgelegt werden.

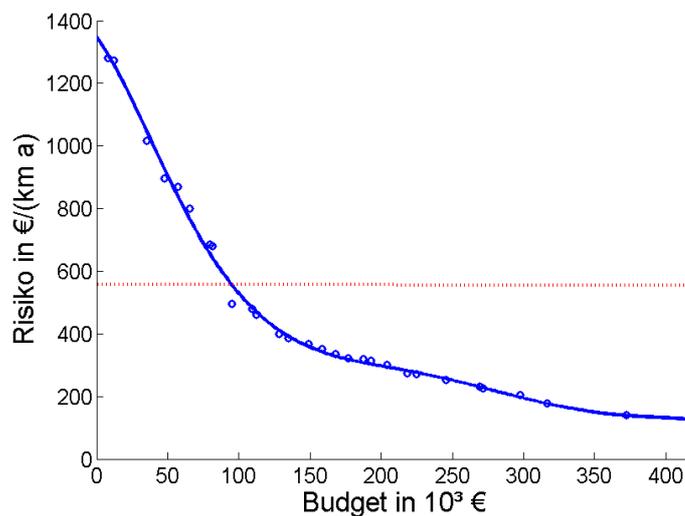


Abbildung 2: Risikoänderung eines Beispielnetzes bei variablem Budget.

Weiterhin konnten aus den Simulationen u.a. folgende allgemeine Erkenntnisse für die Instandhaltungspraxis von Mittelspannungskabel gewonnen werden:

- PE, PVC oder alte VPE Kabel haben immer eine sehr hohe Erneuerungspriorität
- Stark segmentierte Massekabel weisen ein hohes Risiko auf
- Stark segmentierte VPE Kabel sind unkritisch
- Eine hohe Übertragungsleistung führt in der Regel zu einer hohen Priorität des Kabels