

Modellierung von sekundären Störlichtbögen

Carlo Liebermann, Moritz Meinck, Peter Schegner
Georg Achleitner
Karsten Wenzlaff

TU Dresden
Austrian Power Grid
DIGSILENT GmbH



Motivation

- Leitungsschutz erkennt den Fehlerfall auf der Leitung
- Leistungsschalter (LS) klärt Fehler durch beidseitiges Öffnen der Schaltkontakte
- Lichtbogen (LB) erlöscht nicht sofort, da die kapazitive Kopplung zu parallelen Leitern den stromschwachen Sekundärlichtbogen (secondary arc) aufrecht erhält
- Anpassung der AWE-Pausenzeit durch entsprechende Schutzalgorithmen
- Große Datengrundlage zur Entwicklung/ Verbesserung von Algorithmen wünschenswert

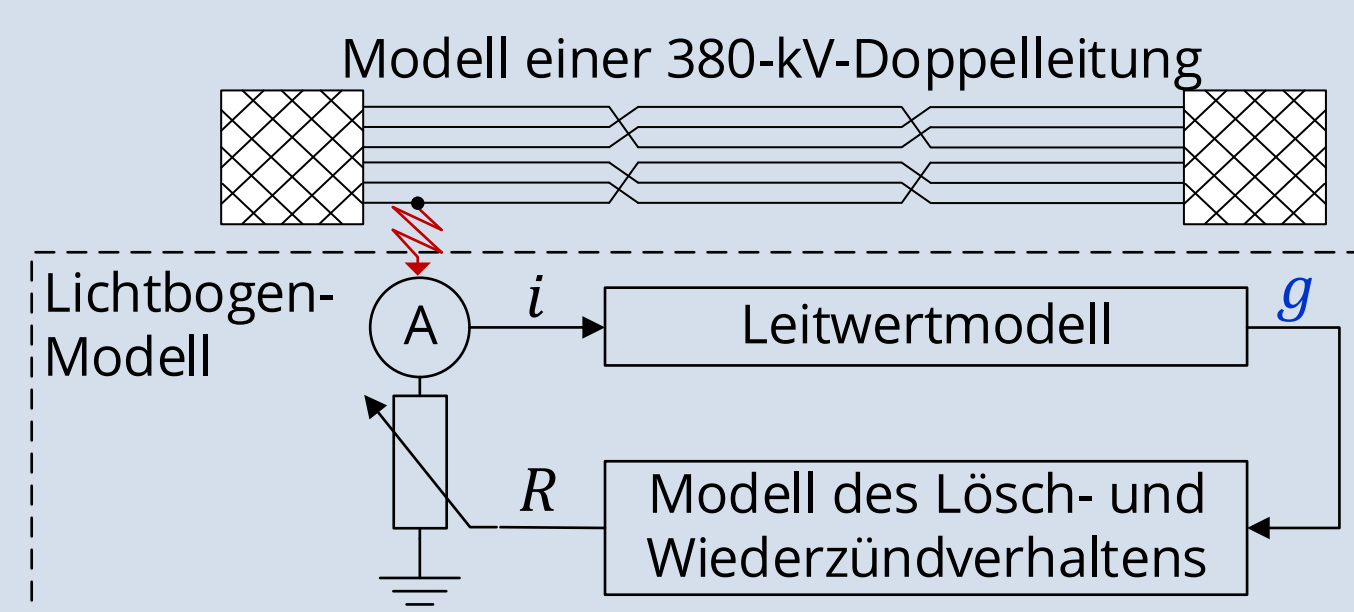
Ziel

- Erstellung eines Lichtbogenmodells zur Nachbildung des transienten Brennverhaltens eines Sekundärlichtbogens während der AWE-Pause
- Berücksichtigung von Parametern und Umgebungsbedingungen, welche das Zünd- und Brennverhalten beeinflussen
- Berechnung von Zeitverläufen und Überprüfung durch Vergleich mit Störschrieben
- Erarbeitung von Kernaussagen zur Abschätzung der AWE-Pausenzeit

Lichtbogen-Modellierung

Modellbildung

- Zustand S_{LB} des Lichtbogens **EIN (1)**, **temporär AUS (2)** oder **dauerhaft AUS (3)**
- Lichtbogen als variabler Widerstand:
$$R = \begin{cases} 1/g, & \text{wenn } S_{LB} = 1 \\ 100 \text{ M}\Omega, & \text{sonst} \end{cases}$$



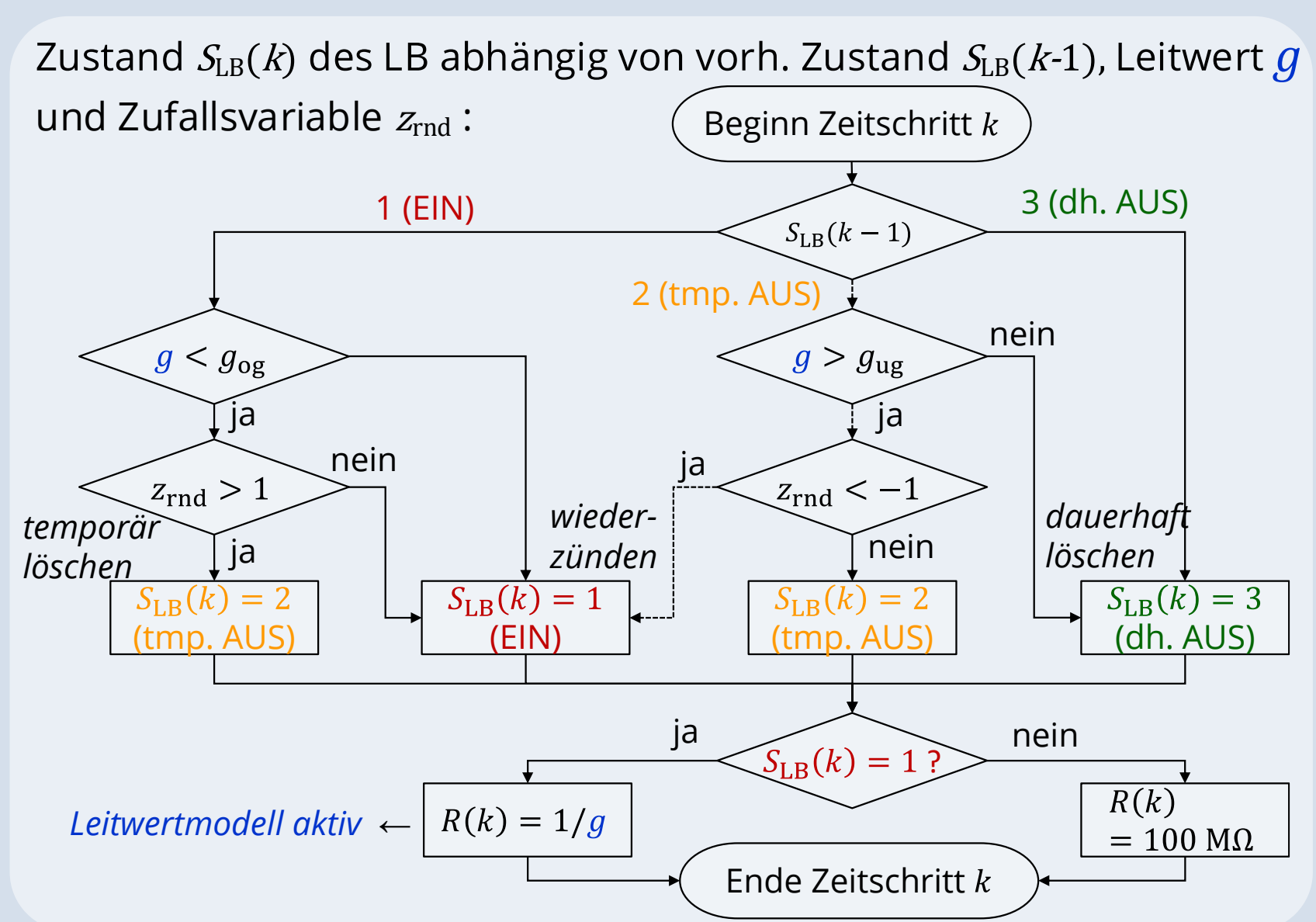
Leitwertmodell nach Kizilcay [1] u. Johns [2]

$$G = \frac{|i|}{(u_0' + |i| \cdot r_0') \cdot l} \quad \frac{dg}{dt} = \frac{1}{\tau} (G - g) \rightarrow g = \frac{1}{s\tau + 1} \cdot G$$

u_0', r_0' ... Stromabh./-unabhängiger Spannungsbedarf des LB
 τ ... Thermische (Start-)Zeitkonstante des LB
 l_0, l_1, l_2 ... Parameter für Vorgabe der LB-Länge über der Zeit
 $(dl/dt)_{1/2}$... Anstiege der LB-Länge zu Beginn u. nach Erreichen von l_1
 α ... Exponent für Reduktion von τ bei steigender Länge
 g_{ug}, g_{og} ... Grenzen instabiler Bereich (Lösch-/Wiederzündverhalten)

Modell des Lösch- und Wiederzündverhaltens

- Vorgabe eines instabilen Leitwertbereichs $g_{og} \dots g_{ug}$:
- Leitwert g Innerhalb des instabilen Bereichs:
 ➤ zufälliges Erlöschen u. Wiederzünden des LB (Zufallsvariable z_{rnd})



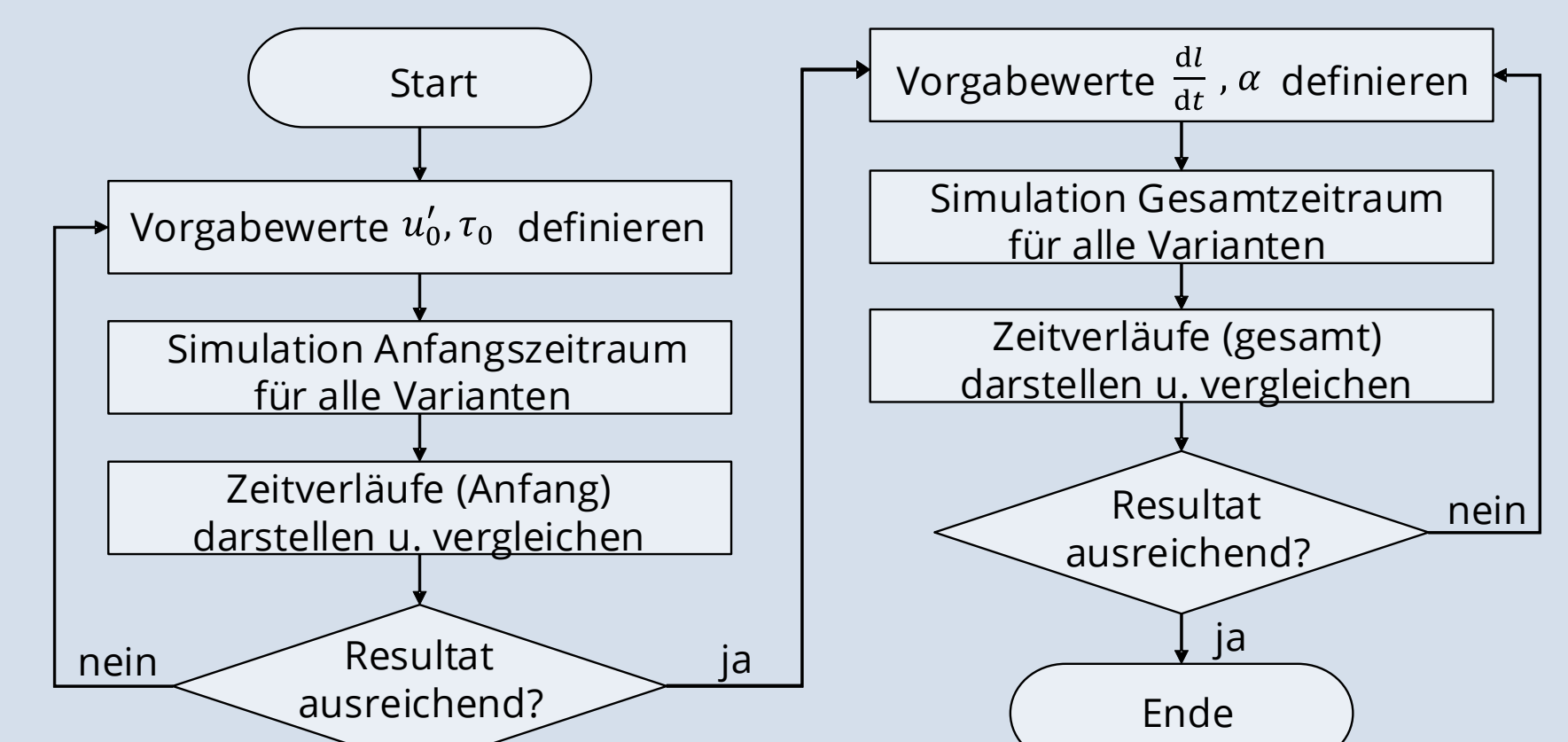
Modellparametrierung

- Analyse der Parametereinflüsse auf die Simulationsergebnisse
- Eingrenzung und Festlegung einzelner Parameter
 - anhand von Literatur
 - auf Basis von Beispielsimulationen

Übersicht der Modellparameter:

r_0', u_0' ... Stromabh./-unabhängiger Spannungsbedarf des LB
 τ ... Thermische (Start-)Zeitkonstante des LB
 l_0, l_1, l_2 ... Parameter für Vorgabe der LB-Länge über der Zeit
 $(dl/dt)_{1/2}$... Anstiege der LB-Länge zu Beginn u. nach Erreichen von l_1
 α ... Exponent für Reduktion von τ bei steigender Länge
 g_{ug}, g_{og} ... Grenzen instabiler Bereich (Lösch-/Wiederzündverhalten)

- Bestimmung der Parameter $u_0', \tau_0, \alpha, (dl/dt)_1$ für Nachbildung realer Störfälle
 - Variation der Parameterwerte
 - Vergleich der Simulationsergebnisse mit Störschrieben

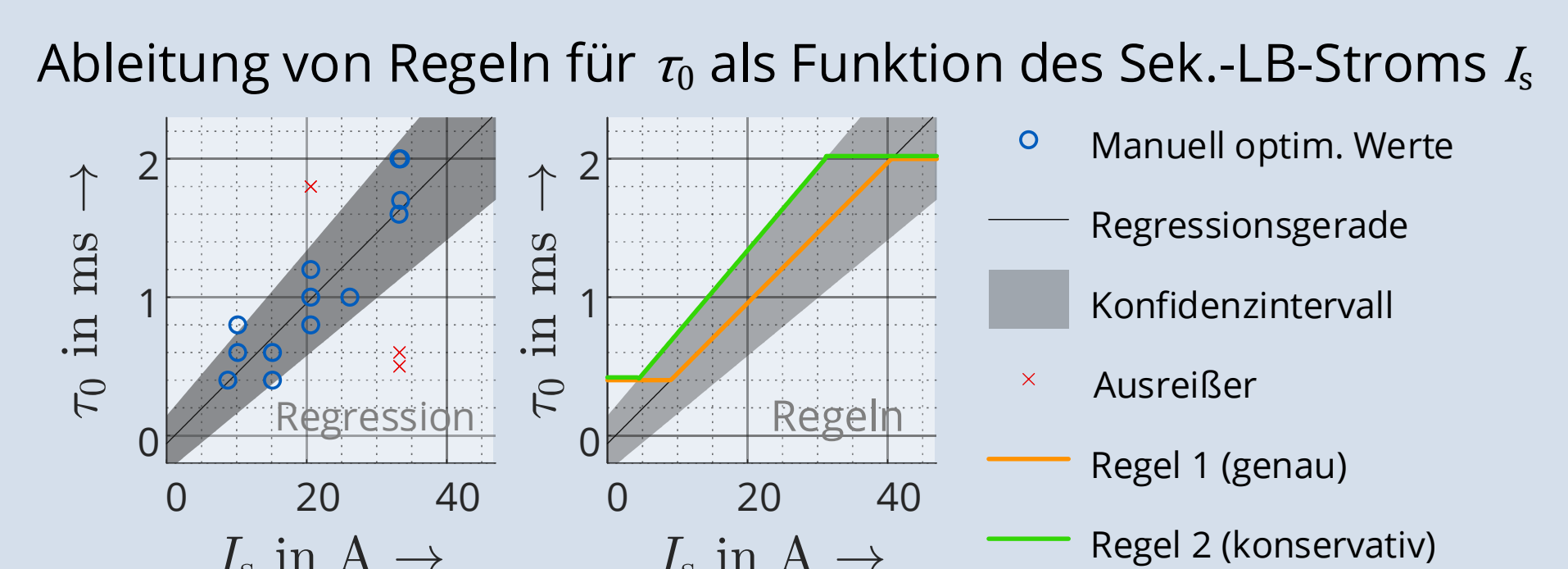


- Ableiten empirischer Regeln:

$$u_0' = \text{konst.}$$

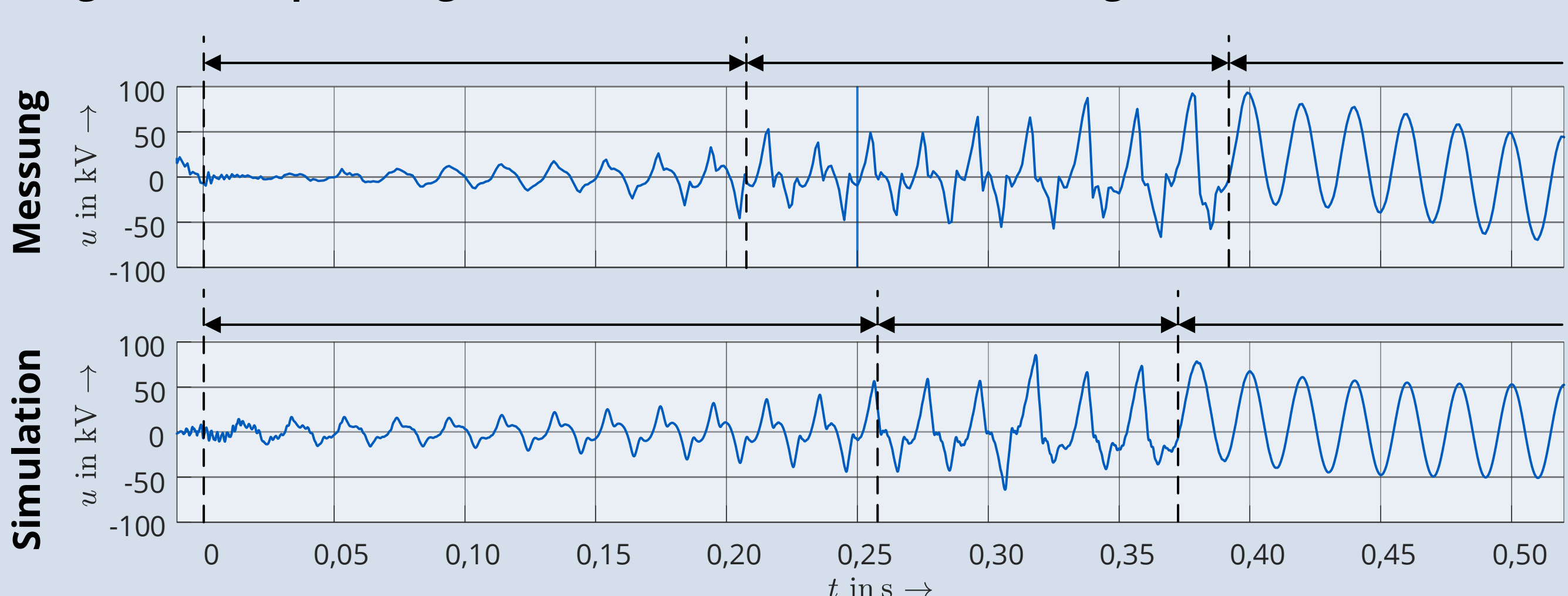
$$\tau_0, \alpha = f(I_s)$$

$$(dl/dt)_1 = f(v_{\text{Wind}})$$

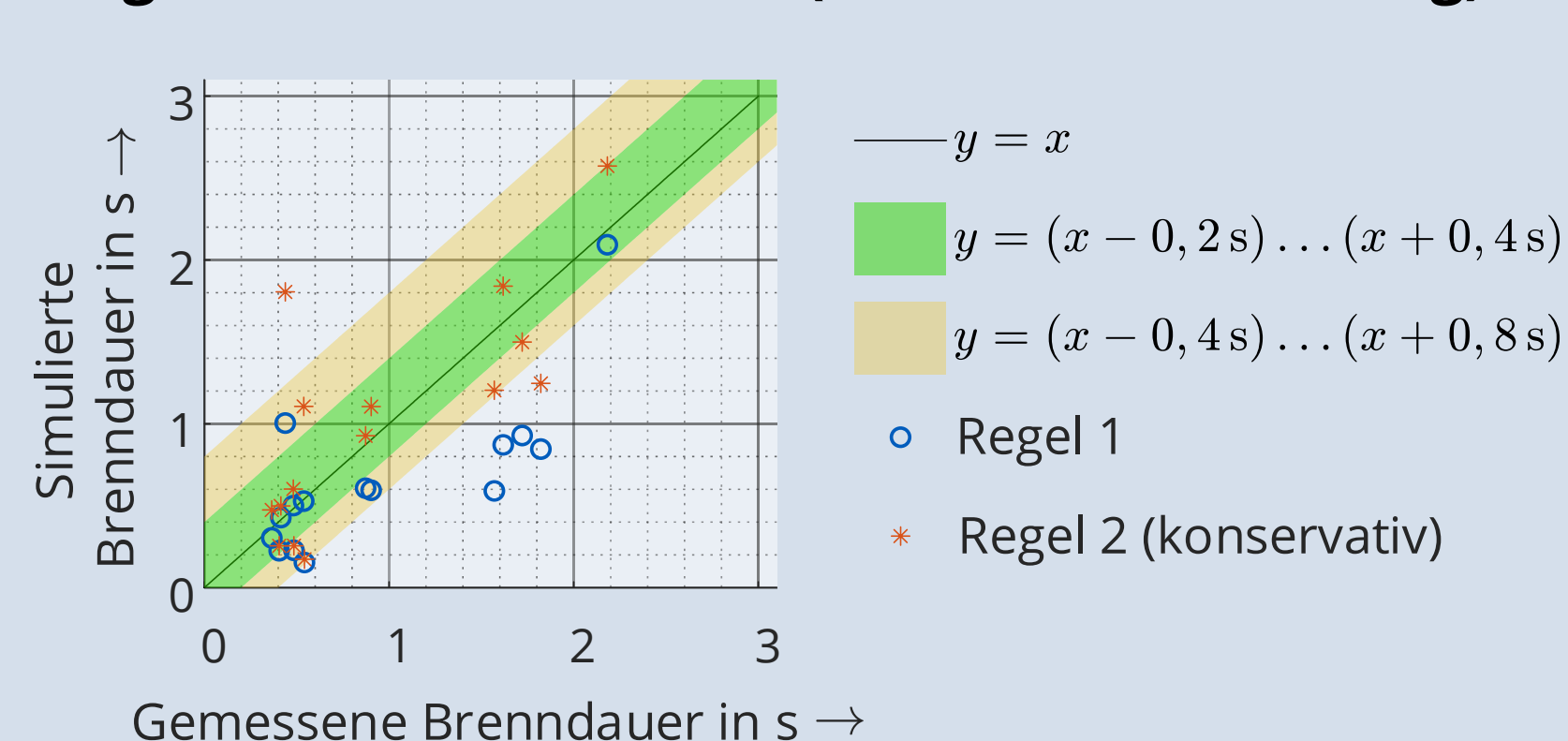


Ergebnisse

Vergleich der Spannungszeitverläufe (Simulation - Messung)



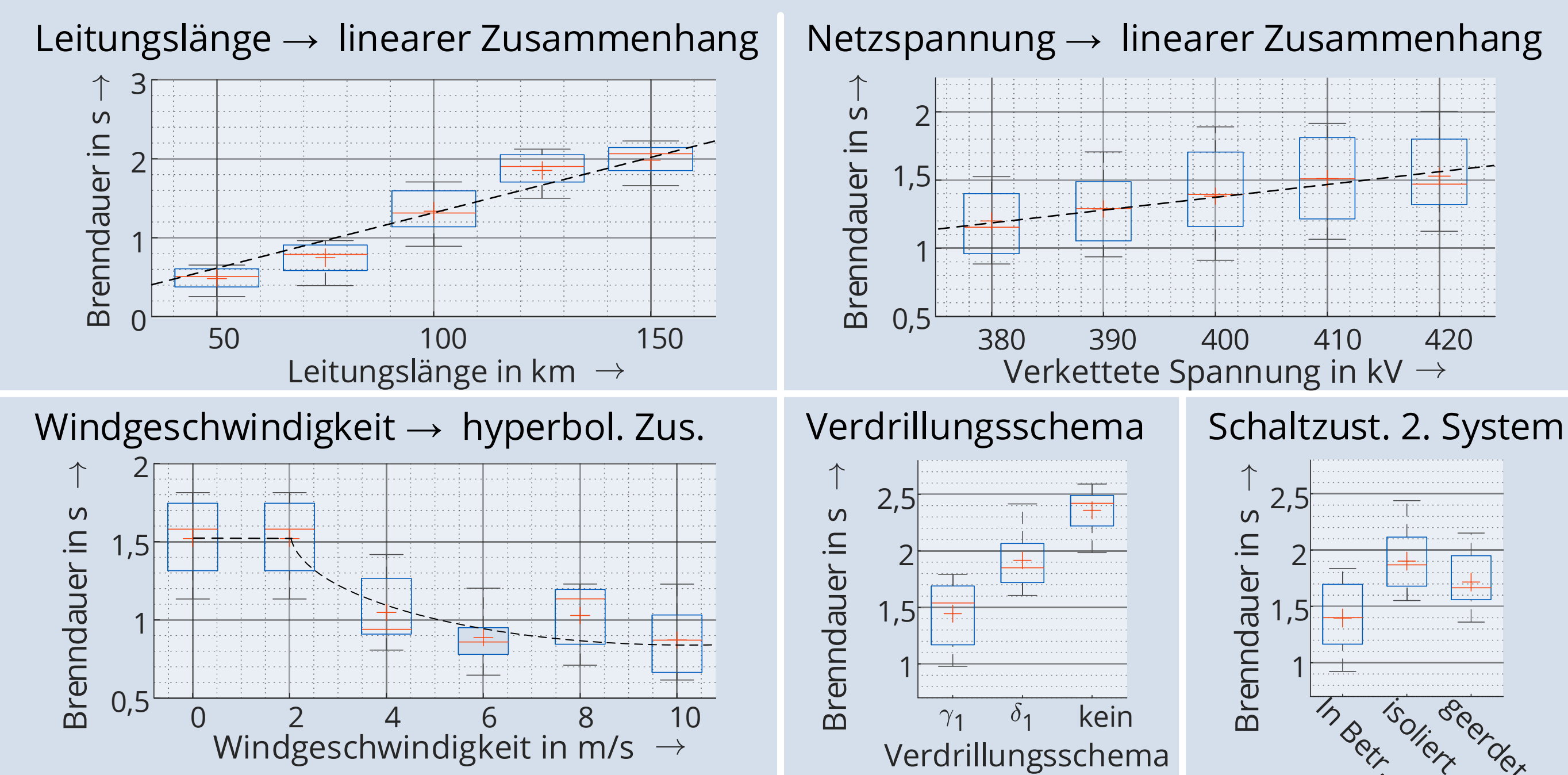
Vergleich der Brenndauer (Simulation - Messung)



Fazit:

- Modell bildet Zeitverläufe realistisch nach
- verbesserte Beschreibung des Wiederzündverhaltens i. vgl. zu früheren Modellen [1, 2]
- Brenndauern in den meisten Fällen in guter Näherung abgeschätzt

Parameterstudie: Einflussfaktoren auf die Brenndauer



Literatur

- M. Kizilcay u. a. "Interaction of the secondary arc with the transmission system during single-phase autoreclosure". In: 2003 IEEE Bologna PowerTech - Conference Proceedings 2 (2003), S. 7-13. DOI: 10.1109/PTC.2003.1304294
- A. T. Johns, R. K. Aggarwal und Y. H. Song. "Improved techniques for modelling fault arcs on faulted EHV transmission systems". In: IEEE Proceedings: Generation, Transmission and Distribution 141 (2 März 1994), S. 148-154. ISSN: 3502360. DOI: 10.1049/IP-GTD: 19949869