

# DYNAMISCHE MODELLIERUNG DER NOTFALLVERSORGUNG EINER TRINKWASSERVERSORGUNG DURCH EIN LAUFWASSERKRAFTWERK IM INSELNETZBETRIEB

Johanna TIMMERMANN (\*)<sup>1</sup>, Claudia BERNECKER-CASTRO<sup>1</sup>, Rolf WITZMANN<sup>1</sup>,  
Tobias LECHNER<sup>2</sup>, Sebastian SEIFRIED<sup>2</sup>, Michael FINKEL<sup>2</sup>, Dirk MENKER<sup>3</sup>,  
Christian DELLMANN<sup>4</sup>, Günther STÖRZER<sup>5</sup>, Daniel STENZEL<sup>1</sup>, Carolin VOGEL<sup>1</sup>

## Motivation und Ziel

Im Rahmen des 2019 abgeschlossenen LINDA-Projekts wurde ein Konzept für eine Notstromversorgung für kritische Infrastrukturen bei langanhaltenden, großflächigen Stromausfällen unter Verwendung lokaler Inselnetze entwickelt [1]. Im darauf aufbauenden Forschungsprojekt LINDA 2.0 (Lokale (teil-)automatisierte Inselnetz- und Notversorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen bei großflächigen Stromausfällen) soll das entwickelte Konzept zur Notstromversorgung auf andere Netzbereiche übertragen und so weit wie möglich automatisiert werden [2].

Ein Teilprojekt fokussiert dabei im Speziellen die Übertragbarkeit und Weiterentwicklung der in LINDA generierten Simulationsmodelle. Die übertragenen und angepassten Modelle werden im Zuge des LINDA 2.0 Projekts mit Feldversuchen validiert. Die Modellierung des Inselnetzes soll zur Untersuchung und Beurteilung der dynamischen Systemstabilität dienen. Im weiteren Projektverlauf lassen sich mit Hilfe von Simulationen kritische Zustände abschätzen und Empfehlungen für die Betriebsführung des Notfall-Inselnetzes ableiten.

## Methodik

Untersuchungsgegenstand für die Übertragbarkeit des LINDA-Konzepts bildet eine Konstellation aus Laufwasserkraftwerk als inselnetzbildende Einheit und Trinkwasserversorgung als kritische Infrastruktur in einem süddeutschen Netzgebiet. Im Falle eines großflächigen, langandauernden Stromausfalls wird ausgehend vom Laufwasserkraftwerk ein Inselnetz aufgebaut und die Trinkwasserversorgungsanlage mit elektrischer Energie versorgt.

Für die dynamische Modellierung werden alle relevanten Betriebsmittel des Inselnetzes und die zugehörigen Reglermodelle detailliert nachgebildet. Abbildung 1 zeigt schematisch das in DigSILENT Power Factory nachgebildete Gesamtmodell.

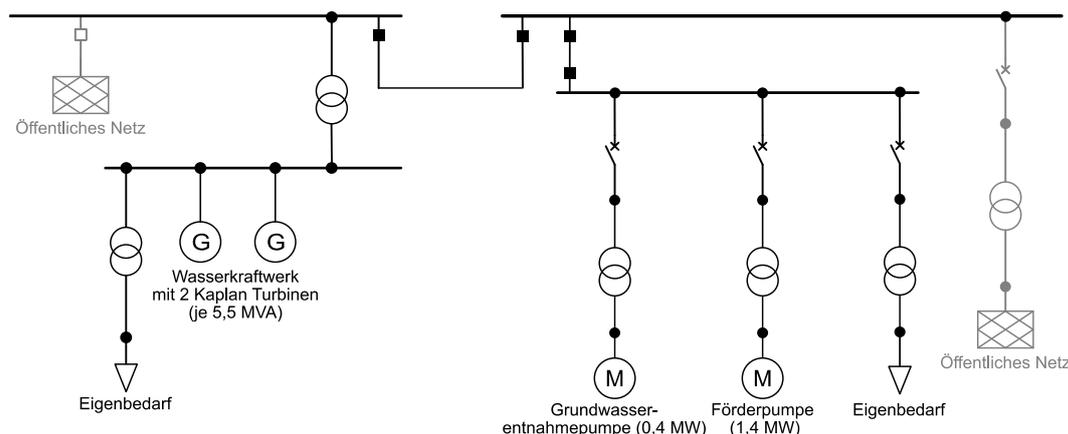


Abbildung 1: Schematische Darstellung des erstellten dynamischen Inselnetzmodells

<sup>1</sup> TU München, TUM School of Engineering and Design, Arcisstraße 21, D-80333 München, Tel.: 0049 89 289-22017, johanna.timmermann@tum.de, www.tum.de

<sup>2</sup> Hochschule Augsburg, Fakultät für Elektrotechnik, An der Hochschule 1, D-86161 Augsburg

<sup>3</sup> KIMA Automatisierung, Gesellschaft für elektronische Steuerungstechnik und Konstruktion mbH, Anna-Merian-Str. 5, D-48599 Gronau

<sup>4</sup> LEW Wasserkraft GmbH, Kraftwerkstechnik, Adolf-von-Baeyer-Str. 1, D-86368 Gersthofen

<sup>5</sup> LW Zweckverband Landeswasserversorgung, Schützenstraße 4, D-70182 Stuttgart

Die Parametrierung und Anpassung der jeweiligen Modelle und Netzkomponenten erfolgt zunächst an Hand von Datenblättern und Betreiberangaben. Kernbestandteil des Inselnetzmodells sind dynamische Simulationsmodelle des Laufwasserkraftwerks als Führungskraftwerk und lastseitige Pumpenmodelle.

Die Grundlage des Kraftwerkmodells bildet ein Kaplan-Turbinen-Modell [3]. Weitere Bestandteile des Modells sind ein Drehzahlregler, ein Spannungsregler und ein Synchronmaschinenmodell. Der Drehzahlregler und das Turbinenmodell definieren maßgeblich das Frequenzverhalten im Inselnetz. Das Kaplan-Turbinenmodell sowie die Vorgehensweise zur Übertragung des Turbinenkennfelds eines anderen Laufwasserkraftwerks ist in [4] beschrieben. Zur Nachbildung des Spannungsverhaltens wird ein IEEE Modell verwendet, welches das statische Erregersystem mit kaskadiertem Spannungs- und Stromregler abbildet [5].

Lastseitig bildet ein Asynchronmaschinenmodell [6] die Modellgrundlage für die Simulation der Pumpenanlagen. Die beiden Pumpenmodelle beinhalten jeweils eine Asynchronmaschine, ein Schiebermodell sowie eine Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik.

Im Inselnetzmodell werden Erzeuger- und Lastmodell gekoppelt. Diese sind, wie auch in der Realität, über eine Mittelspannungsleitung verbunden.

Bei der Modelloptimierung werden die Erzeuger- und die Verbrauchermodelle zunächst getrennt voneinander betrachtet. Dabei wird wie folgt vorgegangen: Vorgabe der Spannungs- und Frequenzmesswerte zur Optimierung des Pumpenmodells, sodass die simulierten Strom-, Wirkleistungs- und Blindleistungsverläufe den Messdaten angeglichen werden können. Für die Optimierung des Kraftwerksmodells wird hingegen Wirk- und Blindleistung vorgegeben mit dem Ziel die Frequenz- und Spannungsverläufe an die Messdaten anzugleichen. Anschließend werden die im Inselnetz miteinander gekoppelten Modelle betrachtet.

## Erste Ergebnisse

Der Vergleich von Frequenz- und Spannungsverläufen zwischen Simulation und Messung im Inselnetz zeigt Abbildung 2. Die Daten wurden während des ersten Feldversuchs des LINDA 2.0-Projekts aufgenommen. Dargestellt ist die Zuschaltung der Förderpumpe bei bereits laufender Grundwasserentnahmepumpe. Der Vergleich zeigt für das dynamische Verhalten der Frequenz eine gute Übereinstimmung und Abweichungen bei Spannungs-, Wirkleistungs- und Blindleistungsverläufen.

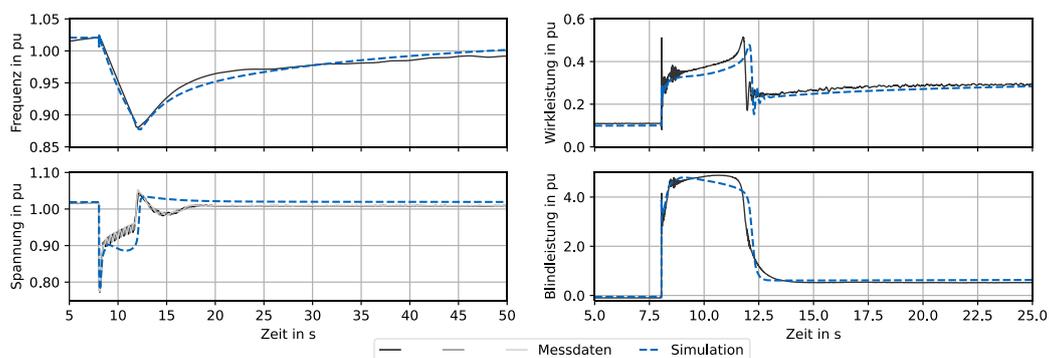


Abbildung 2: Vergleich Messdaten und Simulationsergebnisse eines Inselnetzversuches

Die Langfassung enthält die Auswertung der verschiedenen Inselnetzversuche des ersten Feldversuchs, bei dem u. A. die Anlaufvorgänge der Pumpen unter verschiedenen Bedingungen vermessen wurden. Anhand der Messdaten werden das zusammengesetzte Inselnetzmodell und dessen Einzelmodelle validiert bzw. können nötige Anpassungen identifiziert werden. Insbesondere durch die Auswertung gemessener Daten des Erregersystems kann das Kraftwerksmodell hinsichtlich des Spannungsverhaltens optimiert werden. Die Pumpenmodelle werden hinsichtlich des Hochlaufverfahrens der Asynchronmotoren sowie des Modells der Trinkwasserversorgungsanlage optimiert. Auf Basis einer validen Modellierung des dynamischen Verhaltens können realistische Abschätzungen für weitere Inselnetzversuche und die geplante Automatisierung der Inselnetz-Notstromversorgung getroffen werden.

## Referenzen

- [1] C. Steinhart et al., „Abschlussbericht zum Verbundvorhaben LINDA: Lokale Inselnetzversorgung und beschleunigter Netzwiederaufbau mit dezentralen Erzeugungsanlagen bei großflächigen Stromausfällen,“ 2019.
- [2] T. Lechner, S. Seifried, M. Finkel, C. Bernecker-Castro, J. Timmermann und R. Witzmann, „Lokale (teil-)automatisierte Inselnetz- und Notversorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen bei großflächigen Stromausfällen (LINDA 2.0),“ ETG-CIRED-Workshop 2021 (D-A-CH): Innovationen im Verteilnetz, [Poster], 2021.
- [3] M. Gratza, C. Steinhart, R. Witzmann, M. Finkel, M. Becker, T. Nagel, T. Wopperer und H. Wackerl, „Frequency Stability in Island Networks: Development of Kaplan Turbine Model and Control of Dynamics,“ PSCC, Dublin, Juni 2018.
- [4] M. Gratza, C. Steinhart, R. Witzmann, M. Finkel und C. Dellmann, „Parametrierung eines dynamischen Kaplan-Turbinen-Modells anhand von Messdaten für den Inselnetzbetrieb,“ 16. Symposium Energieinnovation, Graz, 2020.
- [5] A. Glaninger-Katschnig, F. Nowak, M. Bachle und J. Taborda, „New digital excitation system models in addition to IEEE.421.5 2005,“ IEEE, IEEE PES General Meeting. Energy Society General Meeting, Minneapolis, 2010.
- [6] J. Pedra, „Estimation of typical squirrel-cage induction motor parameters for dynamic performance simulation,“ IEEE Xplore, ET Proceedings - Generation Transmission and Distribution, 2006.