

# EMPIRISCHE STUDIE ZUR ENTWICKLUNG VON CO-SIMULATION VON ENERGIESYSTEMEN

Georg ENGEL<sup>1</sup>, Gerald SCHWEIGER<sup>1</sup>, Josef-Peter SCHÖGGL<sup>2</sup>,  
Irene HAFNER<sup>3</sup>, Thierry NOUIDUI<sup>4</sup>, Claudio GOMES<sup>5</sup>

## Motivation

Co-Simulation ist ein vielversprechender Ansatz um eine Simulation von komplexen Single- oder Multi-Domain-Systemen zu ermöglichen, die aus mindestens zwei Subsystemen besteht, welche in verschiedenen Tools modelliert sein können (siehe z.B. [Gomes et al., 2017]). Die Vorteile davon sind: (i) es ermöglicht die Kombination und Wiederverwendung von bestehenden Werkzeugen und Methoden, die robust und für ihre jeweilige Domäne gut geeignet sind, (ii) es ermöglicht disziplinübergreifende und unternehmensübergreifende Zusammenarbeit, (iii) die Möglichkeit, die Rechte an geistigem Eigentum an Subsystemen zu schützen, und (iv) robuste Co-Simulations-Frameworks können den Innovationszyklus („Rapid Prototyping“) von neuartigen System- und Steuerungskonzepten erheblich verkürzen. Die Notwendigkeit einer Co-Simulation im Bereich der Energiesysteme ergibt sich aus dem Ziel der Energiewende: (i) bestehende Systeme müssen möglichst effizient werden, (ii) Übergang zu emissionsmindernden Technologien und (iii) Der Anteil erneuerbarer Energien wie Wind - und Sonnenenergie wird größer, andere Teile der Energiesysteme müssen flexibler werden [Lund et al., 2015; Schweiger et al., 2017].

## Ansatz

In vorhergehenden Arbeiten wurde von den Autoren der Stand der Technik zu Co-Simulation aus Literaturrecherche diskutiert [Gomes et al., 2017]. Weiters wurde eine neue Co-Simulations-Schnittstelle entwickelt [Engel et al., 2017a] und eine Methode vorgeschlagen um verschiedene Schnittstellen zu vergleichen und an Hand eines Fallbeispiels durchgeführt [Engel et al., 2017b]. Die Diskussion zielte auf Kriterien wie Anwenderfreundlichkeit, Rechengeschwindigkeit und Rechengenauigkeit der verschiedenen Schnittstellen. Die vorliegende Arbeit stellt eine ausführliche methodische Erweiterung dieser Diskussion dar.

Die vorgeschlagene empirische Untersuchung zielt darauf ab, verschiedene Ansichten von heterogenen Disziplinen, die auf dem Gebiet der Co-Simulation arbeiten, über den Stand der Technik, Forschungslücken und zukünftige Herausforderungen zusammenzuführen. Als methodische Grundlage der empirischen Erhebung dient die Delphi-Methode. Diese ist eine Prognosetechnik, die auf der Sammlung und Zusammenstellung von Expertenwissen eines Expertengremiums in einem mehrstufigen Prozess basiert [Dalkey & Helmer, 1963; Hsu & Sandford, 2007]. Die Delphi-Methode eignet sich besonders zur Lösung von interdisziplinären Forschungsproblemen in einem heterogenen Umfeld. Darüber hinaus ermöglicht es eine Vorhersage wahrscheinlicher zukünftiger Szenarien.

## Methode

Für die Auswahl der Teilnehmer an der Delphi-Studie wird ein Knowledge Resource Nomination Worksheet (KRNW) als Richtlinie verwendet. Der Zweck eines KRNW besteht darin, die Experten vor der Kontaktaufnahme zu kategorisieren, um zu verhindern, dass eine wichtige Klasse von Experten übersehen wird. In dieser Studie wird der folgende fünfstufige Ansatz zur Entwicklung eines KRNW verfolgt. (1) Vorbereitung eines KRNW, (2) Befüllen des KRNW mit Namen, (3) Definieren von Erstkontakten, (4) Ranking von Experten nach Qualifikationen, (5) Einladung von Experten zur Studie. Die Delphi-Studie wird in zwei Runden durchgeführt.

---

<sup>1</sup> AEE INTEC - Institute for Sustainable Technologies, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf, Tel.: +43 3112 5886262, g.engel@aee.at, www.aee-intec.at

<sup>2</sup> Karl-Franzens-Universität Graz, josef.schoeggel@uni-graz.at

<sup>3</sup> dwh GmbH - Simulation Services und Technical Solutions, Neustiftgasse 57-59, 1070 Wien, irene.hafner@dwh.at

<sup>4</sup> Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA, tsnoidui@lbl.gov

<sup>5</sup> University of Antwerp, Antwerp, Belgium, claudio.goncalvesgomes@uantwerpen.be

Die erste Runde besteht aus einer Mischung aus offenen und geschlossenen Fragen. Die zweite Runde beinhaltet nur geschlossene Fragen, die basierend auf den Ergebnissen der ersten Runde formuliert werden.

Zusätzlich zu diesen Standardfragen wird eine quantitative Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) der Co-Simulation unter Verwendung des Analytischen Hierarchieprozesses (AHP) durchgeführt. In dieser Studie wird die SWOT-AHP-Methode verwendet, um die Ergebnisse der Delphi-Studie durch eine zusätzliche und neue Perspektive auf den aktuellen Stand der Co-Simulation zu bereichern.

Der Fragebogen ist in vier Teile gegliedert: (i) Ursprünge der Co-Simulation. Dies beinhaltet Fragen zu verschiedenen Ursprüngen für Co-Simulation, Konzepte und Formulierungen. (ii) Theoretische Fragen. Dazu gehören Fragen zum Stand der Technik, zu Forschungslücken und offenen Fragen der kontinuierlichen, diskreten und hybriden Co-Simulation. (iii) Funktionale Mock-Up-Schnittstelle (FMI). Da FMI insbesondere im Energie- und Mobilitätssektor weit verbreitet ist und es ein vielversprechender Kandidat ist, der wichtigste Standard für Industrie und Wissenschaft zu werden, wurde ein Abschnitt mit spezifischen FMI-bezogenen Fragen entworfen. (iv) Fragen im Zusammenhang mit einer SWOT-AHP-Gesamtanalyse der Co-Simulation. In dieser Phase der Umfrage wird der Fragebogen abgeschlossen und die Expertenauswahl abgeschlossen. Mehr als 25 Experten haben bereits zur Teilnahme zugesagt.

## Resultate

Abgeschlossene Fragebögen werden bis Anfang 2018 erwartet. Die Ergebnisse werden auf der Konferenz präsentiert.

## Referenzen

- [1] [Dalkey & Helmer 1963] Dalkey, N. & Helmer, O., (1963). An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. *Management Science*, 9(3), pp.458–467. Available at: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_memoranda/2009/RM727.1.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2009/RM727.1.pdf).
- [2] [Engel et al., 2017a] Engel, G., Chakkaravarthy, A. S., & Schweiger, G. (2017). Co-Simulation between Trnsys and Simulink based on Type155. In *International Conference on Software Engineering and Formal Methods*.
- [3] [Engel et al., 2017b] Engel, G., Chakkaravarthy, A., and Schweiger, G. (2017). A methodology to compare different co-simulation interfaces: A thermal engineering case study. In *SIMULTECH 2017 - Proceedings of the 7th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*.
- [4] [Gomes et al., 2017] Gomes, C., Thule, C., Broman, D., Larsen, P. G., and Vangheluwe, H. (2017). Co-simulation: State of the art. *CoRR*, abs/1702.0.
- [5] [Hsu & Sandford, 2007] Hsu, C. & Sandford, B., (2007). The delphi technique: making sense of consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(10), pp.1–8.
- [6] [Lund et al., 2015] Lund, P. D., Lindgren, J., Mikkola, J., and Salpakari, J. (2015). Review of energy system exibility measures to enable high levels of variable renewable electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45:785{807.
- [7] [Schweiger et al., 2017] Schweiger, G., Rantzer, J., Ericsson, K., and Lauenburg, P. (2017). The potential of power-to-heat in Swedish district heating systems. *Energy*, in press, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.075>.