

# WÄRMEPUMPEN ALS DIGITALER ZWILLING

Lars HAUPT<sup>1</sup>, Joachim SEIFERT<sup>2</sup>, Thomas HACKENSELLNER<sup>3</sup>

## Kurzfassung

Die Digitalisierung ist ein Beschleuniger für viele technische Bereiche – so auch in der Energietechnik. Entwicklungsprozesse und Verfahren zur Betriebsüberwachung werden zunehmend durch digitale Zwillinge begleitet, die den Entwicklungsprozess deutlich verkürzen können, da Erkenntnisse nicht erst über aufwendige Messungen zu generieren sind. Auch in der Betriebsführung und Betriebsüberwachung werden digitale Abbilder der realen Anlagen eingesetzt und können frühzeitig Fehler erkennen. Im Rahmen des Beitrags Wärmepumpen als Digitaler Zwilling wird ein Framework, als Modellbaukasten für die Energietechnik, am Beispiel einer Wärmepumpe detailliert vorgestellt.

Digitale Werkzeuge zur Planung und Auslegung von energetischen Systemen in der Kälte- und Wärmepumpentechnik sind seit Jahren bekannt und werden erfolgreich in der Praxis eingesetzt. Durch die stetig steigende Datenverarbeitungsleistung und Rechnerkapazität rücken vermehrt Werkzeuge in den Fokus, die im Betrieb über den gesamten Lebenszyklus hinweg eingesetzt werden können. Dies geht mit dem zunehmenden Interesse von Herstellern und Betreibern von Kälte- und Wärmepumpenanlagen bzgl. der Optimierung von Prozessen im Betrieb (z.B. Betriebsoptimierung, Fehlererkennung) einher. Daher sind die bestehenden digitalen Werkzeuge und Methoden anzupassen und zu erweitern. Zusätzlich ist es vorteilhaft, alle digitalen Werkzeuge in einem Cloud-Plattformsystem zusammenzufassen und jeweils kompatibel für die einzelnen Entwicklungs- und Nutzungsphasen auszuwählen und zu verwenden.

Im Rahmen des Projektes Digitaler Zwilling von Wärmeerzeugersystemen ([DZWi](#)) wurde eine cloudbasierte Systemplattform (National 5G Energy Hub - [N5GEH](#) Plattform) dahingehend ertüchtigt, dass mit deren Hilfe, Digitale Zwillinge für energetische Systeme realisiert werden können. Am Beispiel eines Digitalen Zwillings für Wärmepumpensysteme wird diese Systemplattform auf dem 18. Symposium Energieinnovation vorgestellt. Die Plattform enthält unterschiedliche Modelle für verschiedene Entwicklungs- und Nutzungsphasen der Wärmepumpe. Neben der grundsätzlichen Systemarchitektur und Kommunikationssoftware wird auf die Modellierung des Kältemittelkreislaufes eingegangen. Für die Entwicklungsphase wurden alle relevanten Komponenten von Wärmepumpen modelliert. Damit wurden mathematische Abbildungen des physikalischen Verhaltens von Wärmepumpen (Kältemittelkreisläufen) unter stationären und transienten Randbedingungen entwickelt. Diese detaillierten Abbildungen wurden gegen experimentelle Daten validiert. Basierend auf den detaillierten und validierten Modellen können wieder vereinfachte Modelle abgeleitet werden, die beispielsweise eine geringere Berechnungsintensität aufweisen. Eine geringe Berechnungsintensität ist notwendig, um in der Betriebsphase möglichst schlanke Lösungen für die Integration in die Cloud bereitstellen zu können. Im Projekt DZWi existieren daher diverse Modellierungstiefen, von physikalischen Ansätzen bis hin zu daten-getriebenen Modellen, die mit Hilfe künstlicher Intelligenz entwickelt wurden.

Den Ergebnissen der Modellvorhersage Digitaler Zwillinge können Online-Daten aus dem Feld gegenübergestellt und analysiert werden. Bei zu starken Abweichungen zwischen Digitalem Zwilling und realem Gerät können Eingriffsgrenzen definiert werden, die langfristig zu innovativen Geschäftsmodellen wie automatischer Fehlererkennung und Diagnose genutzt werden können. Diese Analysen werden live in der Cloud-Plattform ausgeführt. Die Plattform basiert auf einer Open Source Software, die auch anderen Anwendenden frei zur Verfügung steht (Open Source), so dass

---

<sup>1</sup>TU Dresden, Helmholtzstr. 14, 01069 Dresden, 0351/46334557, Lars.Haupt@tu-dresden.de

<sup>2</sup>TU Dresden, Helmholtzstr. 14, 01069 Dresden, 0351/46334909, Joachim.Seifert@tu-dresden.de

<sup>3</sup>Glen Dimplex Deutschland GmbH, Am Goldenen Feld 18, 95326 Kulmbach, 09221/709186, Thomas.Hackensellner@glendimplex.de

beispielsweise weitere Produkte oder deren Digitale Zwillinge ergänzt werden können. Damit können z.B. Geräte der Gebäudeenergie-technik langfristig überwacht und optimiert werden. Ein weiterer Anwendungsfall kann die Erweiterung der Fehlererkennung an Anlagen sein, in dem Hersteller oder Betreiber automatisiert informiert werden und somit ein Instrumentarium besitzen, um Fehler schneller zu beheben und um Anlagen kontinuierlich zu optimieren.

Der praktische Nutzen des Digitalen Zwillings wird an einem realen Beispiel verdeutlicht. Bei diesem handelt es sich um die Detektion einer erzwungenen Störung am Lüftereintritt des Verdampfers des realen Zwillings, welche mit Hilfe des digitalen Zwillings erkannt wird. Abschließend wird ein Ausblick auf aktuelle Entwicklungen und weitere Arbeiten des zugrundeliegenden Forschungsprojektes (FKZ: 03EN1022A-D)“ gegeben.

Diese Veröffentlichung wäre ohne die Hilfe der im Folgenden genannten Kolleg:innen nicht möglich gewesen: Dr.-Ing. M. Knorr<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. L. Schinke<sup>1</sup>, Dr.-Ing. P. Seidel<sup>1</sup>, Dr.-Ing. A. Perschk<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. S. Hohenthal<sup>1</sup>, Dipl.-Ing. F. Valentin<sup>1</sup>, Dr.-Ing. Andreas König Hagen<sup>2</sup>, M. Sc. Sebastian Borges<sup>3</sup>, M. Sc. Fabian Wüllhorst<sup>3</sup>, M. Sc. Stephan Göbel<sup>3</sup>, M. Sc. Florian Will<sup>3</sup>, M. Sc. Hannah Romberg<sup>3</sup>, M. Sc. Tim Klebig<sup>3</sup>, Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller<sup>3</sup>, Dr.-Ing. Karsten Spreitzer<sup>4</sup>, M. Sc. Christian Grozescu<sup>4</sup>, M. Sc. Arno Eggert<sup>4</sup>

<sup>1</sup> TU Dresden, Prof. für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung

<sup>2</sup> Glen Dimplex Deutschland GmbH

<sup>3</sup> RWTH Aachen, E.On Research Center, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

<sup>4</sup> Viessmann Climate Solutions SE

## Referenzen

- [1] Seifert, J.; Knorr, M.; Haupt, L.; P. Seidel; Schinke, L.; Perschk, A.; Hohenthal, S., Valentin, F.; Hackensellner, T.; König-Haagen, A.; Borges, S.; Wüllhorst, F.; Klebig, T.; Vering, C.; Müller, D.; Spreitzer, K.; Eggert, A.; Grozescu, C.: Digitaler Zwilling – Wärmepumpen modellieren, entwickeln und für den Betrieb optimieren, Moderne Gebäudetechnik, 10/2023
- [2] Haupt, L.; Seifert, J.; Knorr, M.; Seidel, P.; Schinke, L.; Perschk, A.; Hackensellner, T.; König-Haagen, A.; Borges, S.; Wüllhorst, F.; Vering, C.; Göbel, S.; Romberg, H.; Klebig, T.; Müller, D.; Spreitzer, K.; Eggert, A.; Grozescu, C.: Systemplattform für Digitale Zwillinge am Beispiel von Wärmepumpen – ein ganzheitlicher Ansatz, TGA-Kongress, Kongressband, Berlin, p. 58-59, 23.-24. Mai 2023.
- [3] Seifert, J.; Knorr, M.; Haupt, L.; P. Seidel; Schinke, L.; Perschk, A.; Wiemann, S.; Hackensellner, T.; Kuboth, S.; Borges, S.; Wüllhorst, F.; Vering, C.; Müller, D.; Spreitzer, K.; Eggert, A.; Grozescu, C.; Langner, P.: Systemplattform für Digitale Zwillinge am Beispiel von Wärmepumpen – ein ganzheitlicher Ansatz, Deutsche Kälte-Klima-Tagung, DKV-Tagungsbericht, Magdeburg, 16.-18. November 2022.
- [4] Baranski, M; Storek, T.; Kümpel, A; Blechmann, S.; Streblow, R.; Müller, D; Groß, S; Guarneri, C.; Haghgoo, M.; Sowa, I.; Monti, A.; Knorr, M. Wiemann, S; Haupt, L. ; Seifert, J; Sychev, I.; Fitzek, F; Krahmer, S.; Gasch, E.; Schegner, P; Farac, R; Williams, F.: National 5G Energy Hub – Application of the Open-Source CloudPlatform FIWARE for Future Energy Management Systems. Whitepaper, RWTH Aachen – EBC Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate 2020