2 Versuchsstand zur messtechnischen Untersuchung von Wärmeerzeugern

Ausgehend von der Aufgabenstellung musste der zu erstellende Versuchsstand die Anforderungen einer „Hardware in the Loop“-Untersuchungsmethodik erfüllen. Das grundsätzliche Konzept entsprechend der Abb. 2.1 sieht die Kopplung des numerischen Simulationsprogramms mit einem Datenaustausch von Randbedingungen in Echtzeit vor.

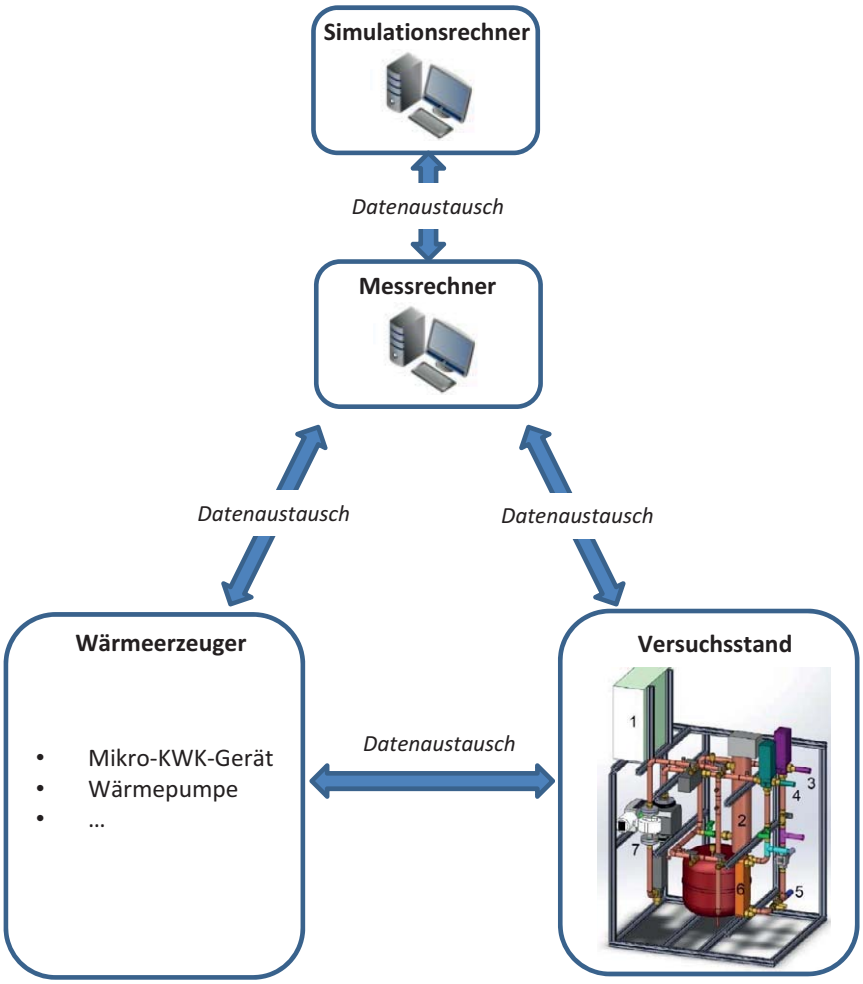

Abb. 2.1: Prinzipskizze des Datenaustausches innerhalb einer „Hardware in the Loop“-Umgebung

Im Detail wird im Rahmen der Emulation einerseits die Vorlauftemperatur in das Heizungsnetz der Simulation übergeben, andererseits liefert die Simulation den Massestrom und die Rücklauftemperatur des Heizungsnetzes, welche sich aus der simulierten Systemdynamik ergeben. Ebenso wird der Bedarf an Trinkwarmwasser anhand eines in der Simulation hinterlegten Zapfprofils dem hydraulischen Modul übergeben. Für die Übergabe dieser Größen müssen geeignete Schnittstellen vorhanden sein. Zudem müssen die technischen Komponenten des Versuchsstandes in der Lage sein, die aus der Simulation erhaltenen Größen möglichst schnell einzustellen.

2.1 Versuchsstandskonzept

Um die genannten Anforderungen zu erfüllen, wurde ein Konzept für den Versuchsstand entsprechend der Abb. 2.2 erarbeitet. Ein Hauptbestandteil des Versuchsstandes ist das hydraulische Modul, welches für die Regelung und Steuerung aller Fluidmasseströme zwischen dem zu untersuchenden Energieerzeuger, dem Speicher sowie dem über die Emulation vorhandenen Heizungsnetz benötigt wird. Das Modul ist als Konzept in Abb. 2.3 dargestellt. Das Anlagenschema zur Einkopplung des hydraulischen Moduls in das energetische Gesamtkonzept der Versuchshalle des Instituts für Energietechnik der TU Dresden ist in Abb. A.1 dargestellt.
In der ersten Projektphase lag der Schwerpunkt auf den Untersuchungen von KWK-Anlagen, daher erfolgt im weiteren die Beschreibung für den diesbezüglichen Einsatz. Die Erweiterung zur Vermessung von Wärmepumpensystemen ist im Abs. 2.4 beschrieben.

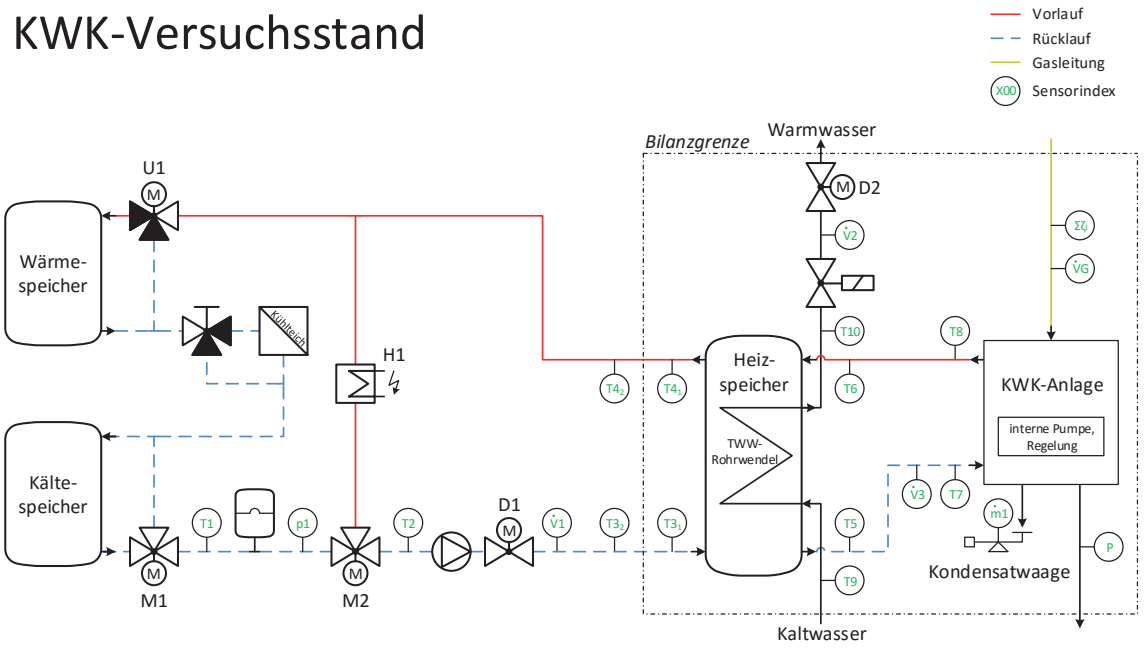

Abb. 2.2: Anlagenschema des hydraulischen Moduls bestehend aus den außerhalb der Bilanzgrenze dargestellten Systemkomponenten

Die zu untersuchende KWK-Anlage führt die thermische Energie in einen Heizspeicher mit integrierter Trinkwarmwasser-Rohrwendel. Abhängig von den Sollwertvorgaben der Gebäude- und Anlagensimulation erfolgt eine Entnahme von Heiz- oder Trinkwarmwasserenergie durch das hydraulische Modul aus dem Speicher. Im Falle der Heizenergie bietet das hydraulische Modul die Option, diese für die Versorgung anderer Versuchsstände des Instituts nutzbar zu machen, indem über ein Umschaltventil (vgl. U1 in Abb. 2.2) ein separater Wärmespeicher beladen wird. Die erforderliche Rückkühlung des Massestroms erfolgt zunächst durch die Einbindung eines Kühlteichs. Sollte diese Kühlleistung nicht ausreichen, ist die Einbindung eines Kältespeicher möglich (Regelung über Dreiwegeventil M1), welcher von einer Kältemaschine versorgt wird.
Die Regelung der Rücklauftemperatur wird anschließend über ein Dreiwegeventil (M2) durch Beimischung des Vorlaufmassestroms aus dem Heizspeicher vorgenommen. Für die Speicherbeladung bei ausgeschaltetem Wärmeerzeuger steht im Vorlauf außerdem ein Elektrodurchlauferhitzer (H1) zur Verfügung. Über ein Drosselventil (D1) wird der Massestrom des Heizungsnetzes eingestellt.

Wie in Abb. A.1 dokumentiert, kann durch eine geeignete hydraulische Einbindung zwischen Parallelschaltung und Reihenschaltung des Heizspeichers variiert werden.
Die Trinkwarmwasserentnahme erfolgt mit Hilfe eines Drosselventils (D2) durch Nachspeisung aus dem Kaltwassernetz. Um Leckagevolumenströme bei geschlossenem Drosselventil infolge des Überdrucks aus dem Kaltwassernetz zu unterbinden, ist zusätzlich ein stromlos geschlossenes Magnetventil integriert.
Wie Abb. 2.3 dokumentiert, erfolgt die Konstruktion des hydraulischen Moduls in kompakter Bauweise. Wichtige Randbedingungen für die Auslegung der Komponenten bildeten folgende Parameter:

- Maximaler Volumenstrom: $\dot{V}_{\mathrm{max}} = 2000$ l/h
- Minimale Rücklauftemperatur: $\vartheta_{\mathrm{R,min}} = 20$ °C
- Maximale Vorlauftemperatur: $\vartheta_{\mathrm{V,max}} = 80$ °C

Nach der Installation aller notwendigen Komponenten des hydraulischen Moduls erfolgte die Befüllung sowie dessen Inbetriebnahme. In Abb. 2.4 ist der finale Stand des hydraulischen Moduls vor dem Anbringen der Speicheranschlüsse dargestellt. Die Abb. 2.5 zeigt den gesamten im Betrieb befindlichen Versuchsaufbau.

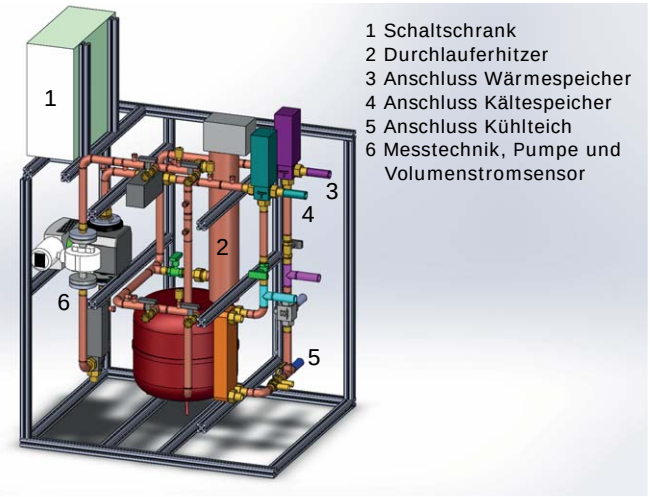

Abb. 2.3: Planungsansicht des hydraulischen Moduls

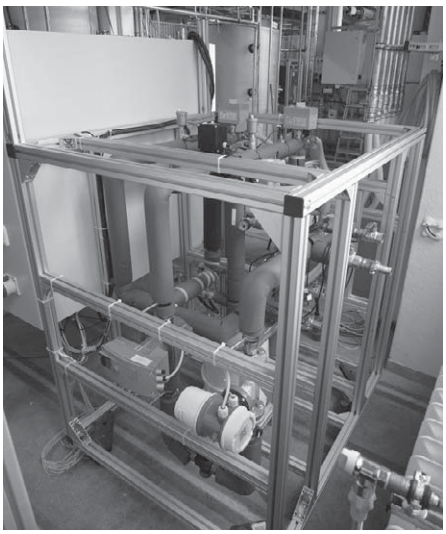

Abb. 2.4: Reale Konstruktion