

Energetische Bewertung einer Festoxidbrennstoffzelle (SOFC) mittels „Hardware-in-the-loop“- Methodik

Prinzip und Ziel

Gegenstand der Arbeit ist die energetische Bewertung einer SOFC mittels Emulationsversuchsstand, basierend auf der „Hardware-in-the-loop“-Methodik (HiL). Im HiL-Versuch wird eine Gebäudesimulation (TRNSYS-TUD) mit einem physischen Versuchsstand gekoppelt, welcher ein reales hybrides Energieversorgungssystem beinhaltet.

Die Simulation sendet Sollwerte an den Versuchsstand, werden an diesem physikalisch eingestellt und anschließend dem Energiesystem übergeben. Dieses sendet wiederum produzierte Istwerte an TRNSYS (Abb. 1). Die Kopplung ermöglicht es, Messungen in Echtzeit unter reproduzierbaren Randbedingungen (z.B. Witterung, Heizlast, Art des Heizungssystems) durchzuführen.

Emulationsversuchsstand

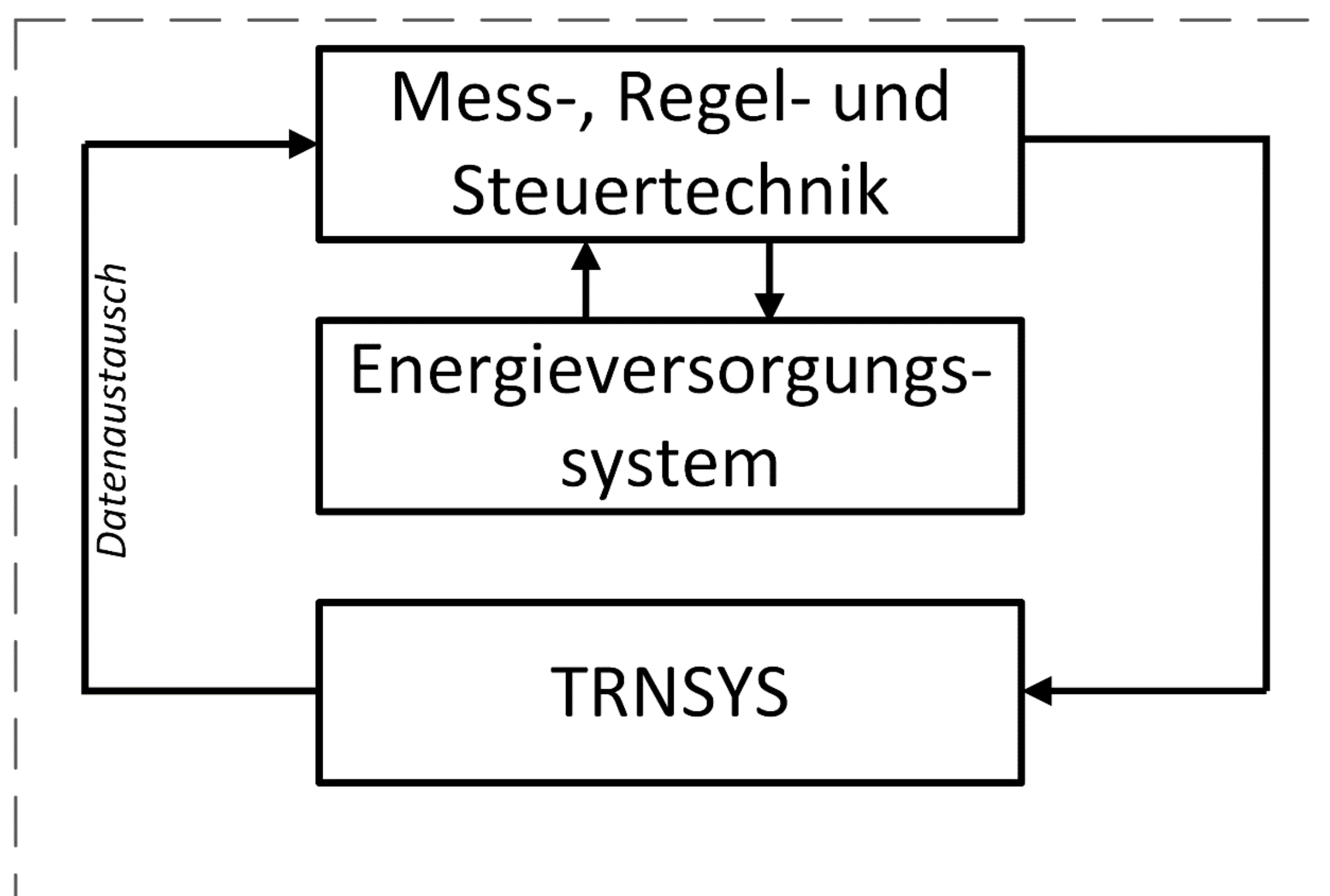


Abb.1: Darstellung der HiL-Methodik

Messungen und Bewertungsmethodik

Für die Umsetzung des Emulationsversuchsstands wurde ein Mess-, Steuer- und Regelkonzept entworfen und MQTT als Übertragungsprotokoll zur Kopplung und zum Parametertausch gewählt.

Anhand repräsentativer Tage (ein Sommer- und ein Wintertyp) wurden für ein simuliertes Einfamilienhaus die Echtzeitmessungen unter realen Betriebsbedingungen durchgeführt und ausgewertet.

Abb. 2 zeigt beispielhaft den Verlauf der thermischen und elektrischen Leistung der SOFC an einem kalten repräsentativen Tag.

Die thermische Leistung (blau) ist abhängig von der instationären Rücklauftemperatur (in diesem Fall von einem Pufferspeicher) und fluktuiert je nach Anlagenkonfiguration und Wärmebedarf daher in hohem Maße.

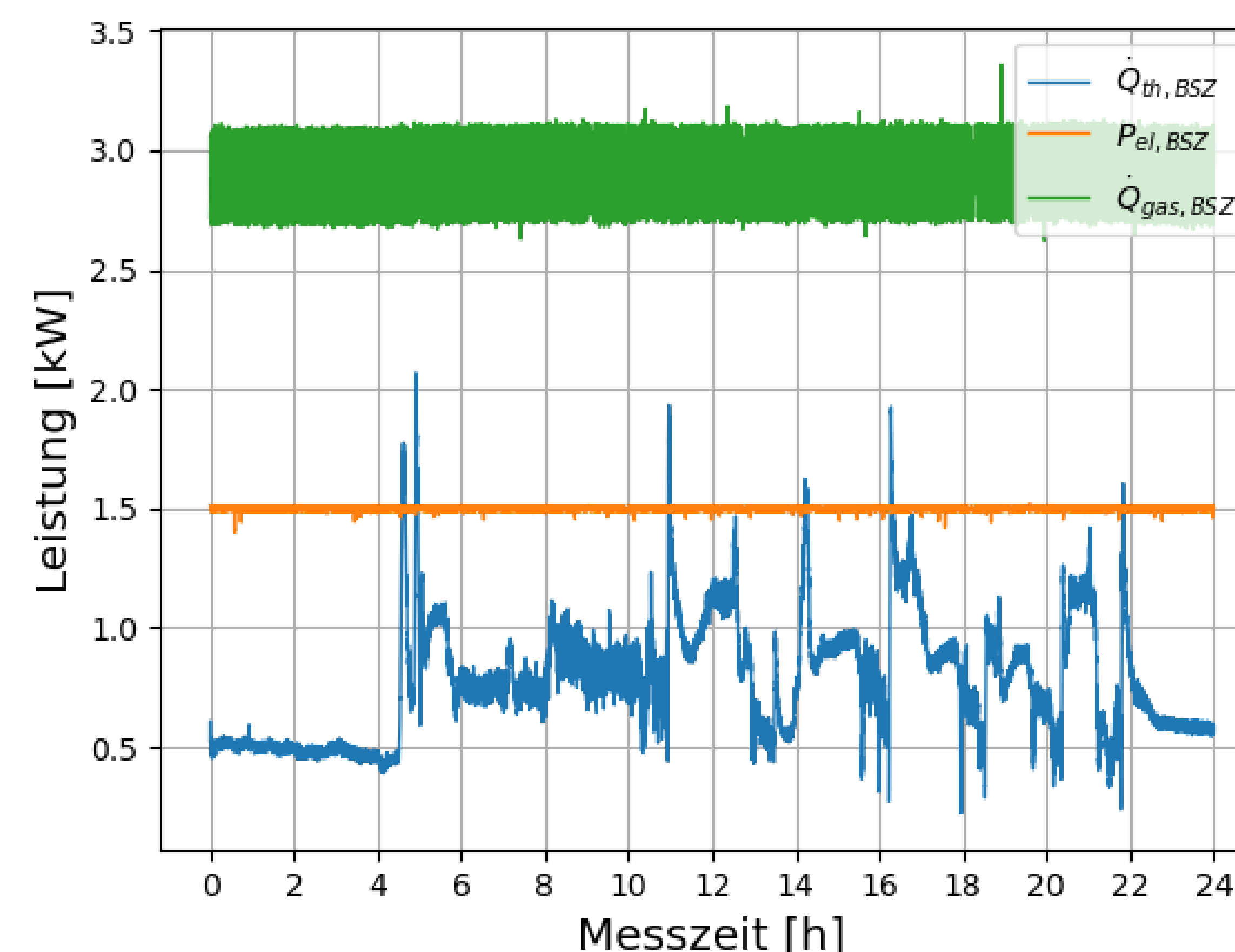


Abb. 2: Leistungsverlauf der SOFC am Wintertag

Ergebnisse

Die Reproduzierbarkeit des Versuchs wurde durch mehrere Messungen validiert. Mittels Gewichtung der Messwerte entsprechend des Typtagverfahrens werden die gemessenen Kennwerte auf ein Jahr skaliert und die Bewertungsgrößen *Jahresnutzungsgrad* (Abb. 3) und *Primärenergiefaktor Wärme* sowie *ökologische und wirtschaftliche Kennwerte* bestimmt. Im Gegensatz zu rein stationären oder rein simulationsbasierten Bewertungsverfahren können mit der HiL-Methodik Einflüsse einzelner Geräte- und Regelungsspezifika auf die Gesamteffizienz bestimmt werden. Die Gebäudesimulation kann bestimmten Randbedingungen angepasst und das hybride Energiesystem bei Bedarf in seiner Konfiguration variiert und vor der Inbetriebnahme getestet werden.

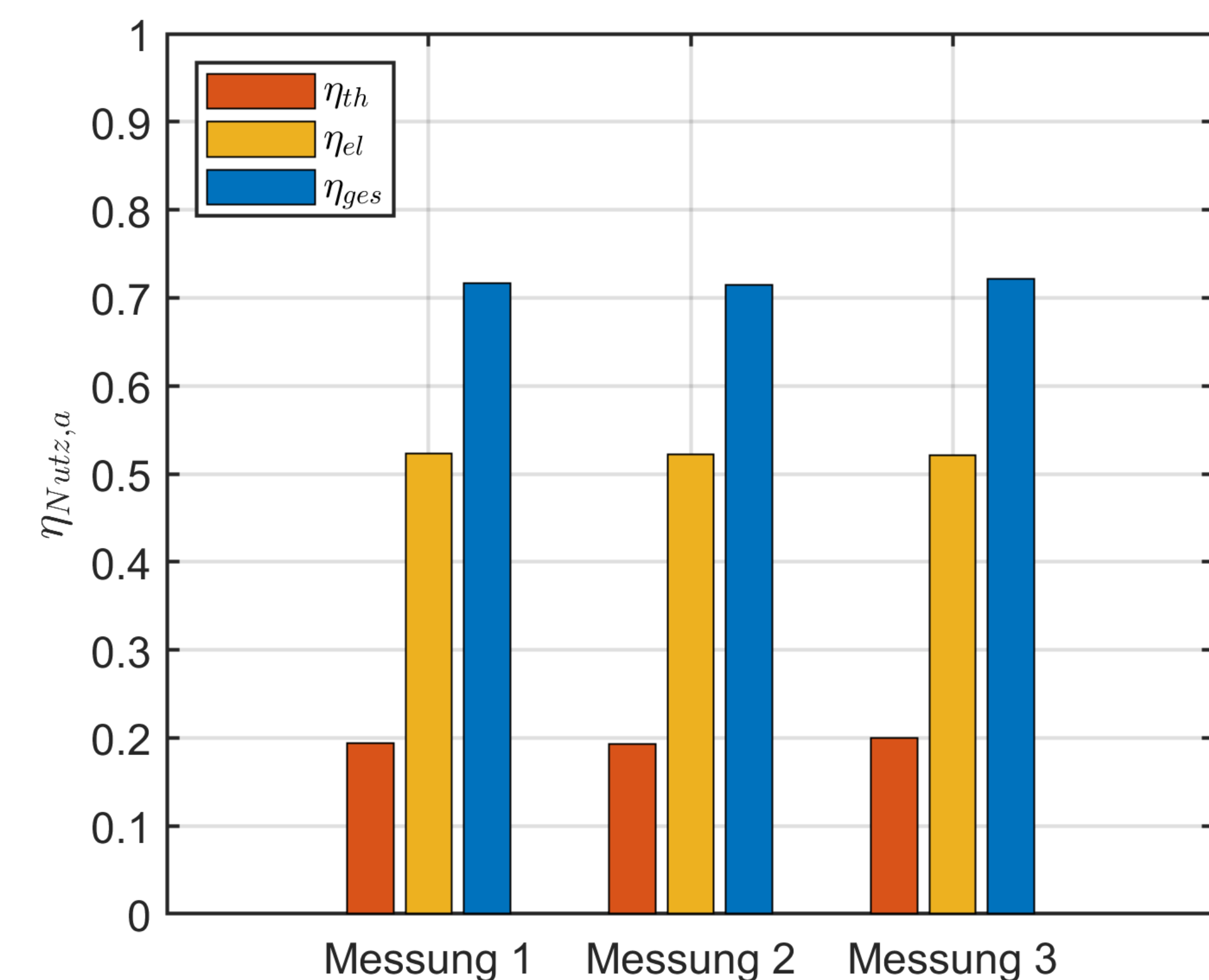


Abb. 3: Bestimmung der Jahresnutzungsgrade