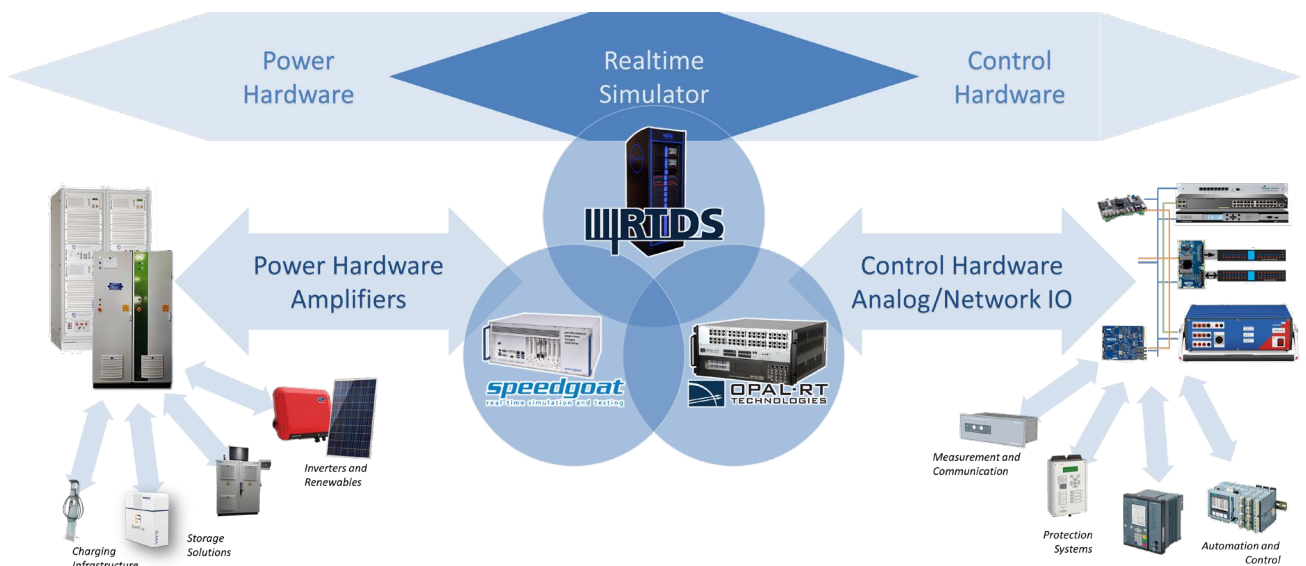


“Zentrum für angewandte Simulationen” – HIL und PHIL

Im Bereich der elektrischen Energieversorgung sind aufgrund der Größe und Komplexität der zu untersuchenden Systeme und Betriebsmittel reine hardwarebasierende Untersuchungen oftmals nicht möglich. Zusätzlich ist aus Gründen der Versorgungssicherheit ein direkter Eingriff in das in Betrieb befindliche Energieversorgungssystem nicht zulässig. Das Zentrum für angewandte Simulationen bietet die Infrastruktur, um in einer simulierten Umgebung reale Betriebsmittel, Inselnetze, Regelungssysteme, usw. wissenschaftlich fundiert zu untersuchen. Kernkomponente des Laborkomplexes sind digitale Echtzeitsimulatoren.

Im Wesentlichen klassifizieren sich die Anwendungen in Untersuchungen mit Leistungsaustausch (Power-Hardware-in-the-Loop, PHIL) und Untersuchungen ohne Leistungsaustausch (Hardware-in-the-Loop, HIL). Das PHIL und HIL Labor sind räumlich getrennt, die gesamte Kommunikation zu den Echtzeitsimulatoren allerdings über Lichtwellenleiter und das Aurora Protokoll umgesetzt. Das Labor-konzept ist hierbei modular, so dass je nach Aufgabenstellung die Labore über das Aurora-Protokoll gekoppelt werden oder unabhängig voneinander arbeiten.



Laborstruktur für Power-Hardware-in-the-Loop und (Control)-Hardware-in-the-Loop Untersuchungen, Kernkomponente sind drei leistungsstarke digitale Echtzeitsimulatoren die über entsprechende Schnittstellen mit Hardware kommunizieren können

Hardware-in-the-Loop Netzsimulation

Im HIL-Labor sind drei verschiedene Digitale Echtzeitsimulatoren im Einsatz, für unterschiedliche Anwendungen. Hinsichtlich der Leistungsklasse bildet der Digitale Echtzeitsimulator der Firma RTDS Technologies Inc. den Grundbaustein der gesamten Laborumgebung. Der Simulator basiert auf der Multicore-Verarbeitungsplattform NovaCor und ermöglicht die Simulation komplexerer Stromnetze. Weitere installierte Systeme sind ein OP5707 von OPAL RT Technologies Inc. und ein Speedgoat System der Firma The



RTDS Simulator (hinten) und HIL Racks mit weiteren Simulatoren, Schutzgeräten, Messverstärkern und Steuerungsrechnern

MathWorks Inc.. Die wesentlichen Anwendungen des Labors sind die Untersuchung echter Anlagenregelungen oder deren Replika in simulierten Stromnetzen. Dies ist für Netzkonformitätsuntersuchungen wichtig, um festzustellen, ob sich die echte Regelung entsprechend der geltenden Netzanschlussregeln verhält. Darüber hinaus eignet sich das Labor auch für die Entwicklung und Auslegung neuer Regelungen. Analog zu Regelungen können auch Schutzgeräte in die Netzsimulation eingebunden werden. Dies kann sowohl über Protokolle umgesetzt werden, als auch über die im Labor installierten Messverstärker der Firma Omicron electronics GmbH.

Power Hardware-in-the-Loop Netzsimulation

PHIL Untersuchungen ermöglichen, das Verhalten von Erzeugern und Lasten vor deren Netzintegration für die verschiedenen Szenarien zu bewerten. Um den Digitalen Echtzeitsimulator von den Strömen und Spannungen der physikalischen Anlagen zu entkoppeln sind sogenannte Leistungsumrichter notwendig. Diese bilden physikalisch den Netzanschlusspunkt einer Anlage aus der Simulation ab. Die Leistungsumrichter des PHIL Labors sind über das Aurora Protokoll mit den Echtzeitsimulatoren im HIL Labor gekoppelt. Das PHIL-Labor besteht im Kern aus zwei Aufbauten, dem Speicherlabor und Microgrid *ENGiNe* und dem Smart renewable Power Plant *SrPP*.

Das Microgrid *ENGiNe* besteht aus einer 17-kWp-Photovoltaikanlage sowie Speichersysteme auf Blei- und Redox-Flow-basis im Bereich von jeweils mehreren Kilowattstunden. Die Regelung des Labors erfolgt über einen Microgrid Controller. Über einen Leistungsumrichter von Triphase N.V., lässt sich der Aufbau an die Echtzeitsimulatoren koppeln. Ein linearer Leistungsumrichter von Spitzenberger & Spies dient als zusätzliche Flexibilität im Labor. Bei dem *SrPP* sind zwei Umrichter parallel an die AC-Sammelschiene des *ENGiNe*-Netz angeschlossen. Auf der DC-Seite des Aufbaus ist zusätzlich ein Lithium-Ionen Batteriespeicher über einen DC-DC Wandler angeschlossen. Ein Umrichter ist hierbei als selbstgeführter 2-Level-Umrichter (2VSC) realisiert. Bei dem zweiten Umrichter handelt es sich um einen Modularer Multilevel-Umrichter (MMC), dessen Zwischenkreiskapazität durch Lithium-Ionen Batterien vergrößert ist. Für den Betrieb der beiden Umrichter sind netzfolgende und netzbildende Regelungen implementiert.



Die Steuerung und das Monitoring des Microgrid Labors erfolgt über einen Microgrid Controller



Anschrift:

FAU Erlangen-Nürnberg
 Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme
 Fürther Str. 248 (Gebäude 33)
 90429 Nürnberg

Kontakt:

Dr.-Ing. Gert Mehlmann
 gert.mehlmann@fau.de
 +49 9131 85 29516
 +49 911 56854 9256
<https://www.ees.tf.fau.de/>