

CONNECTING
EXPERTS.

CHILLVENTA eSPECIAL

Refrigeration | AC & Ventilation | Heat Pumps

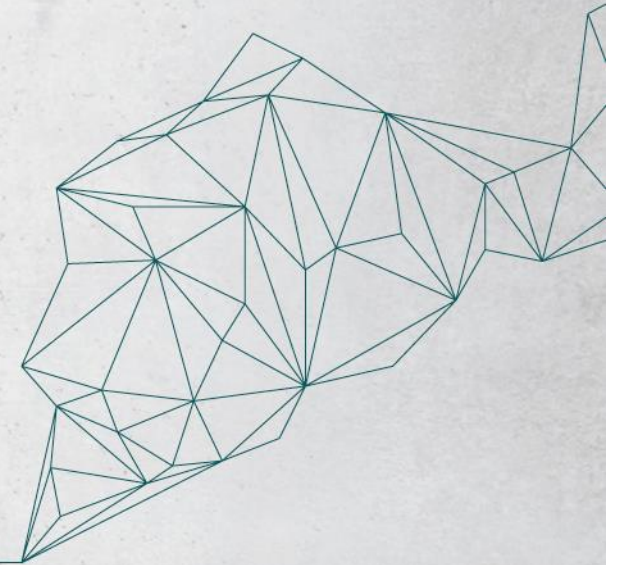
13.–15.10.2020

NÜRNBERG MESSE

Controller-in-the-Loop

Neue Wege zur Kosten- und Qualitätsoptimierung von Kälteanlagen

Andreas Sporr
Austrian Institute of Technology GmbH



Agenda

- Motivation
- Erklärung des allgemeinen Controller-in-the-Loop Ansatzes
- Beschreibung des Test-Setups
- Diskussion der Resultate
- Ausblick

Dynamische Entwicklung von Kältesystemen 	Klassische Reglerentwicklung 
– Neuentwicklungen mit erhöhter Komplexität durch zusätzliche Anforderungen – Ablösung bestehender Kältemittel durch neue (F-Gas Verordnung)	– Konzeptentwicklung basierend auf bereits bestehenden Anlagen – Testung der Konzepte rein softwareseitig – Testung der Regelungen durch Nutzung von Prototypen



Herausforderungen 
– Konservative Weiterentwicklung von Kältesystemen durch hohen Adaptierungsaufwand reglerseitig – Hohe Kosten durch Prototypen zur Reglertestung

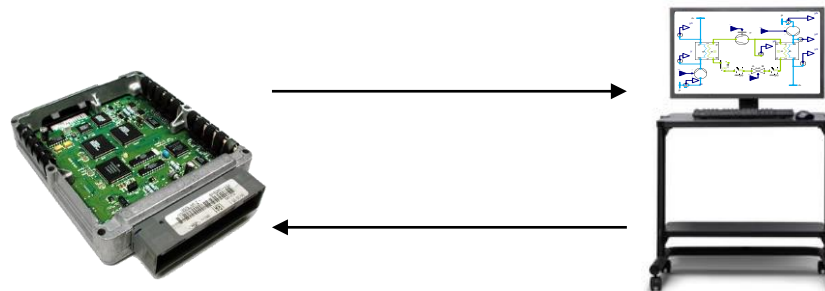


Lösungsansatz

- Eliminierung von Kostentreibern (Prototypen)
- Einfache Änderungsmöglichkeit der Kälteanlagen
- Schnelles Feedback hinsichtlich Regleradaptionen (neue Software aufgrund von Änderung der Reglerbeschreibung)



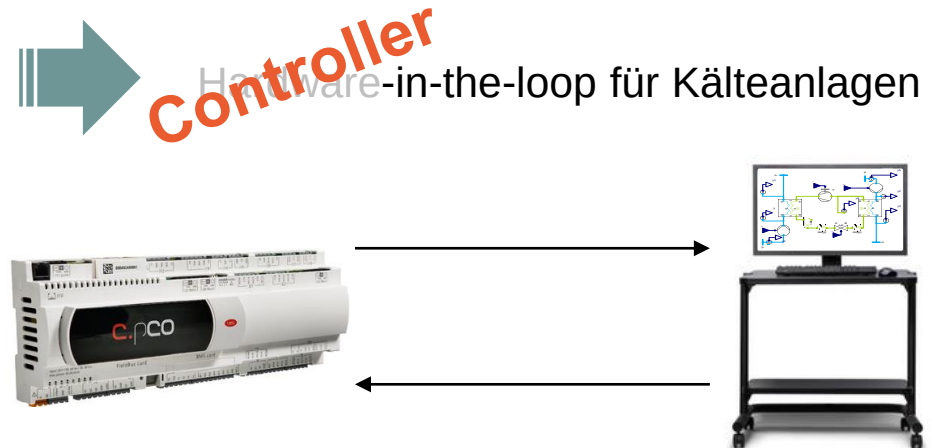
Hardware-in-the-loop für Kälteanlagen





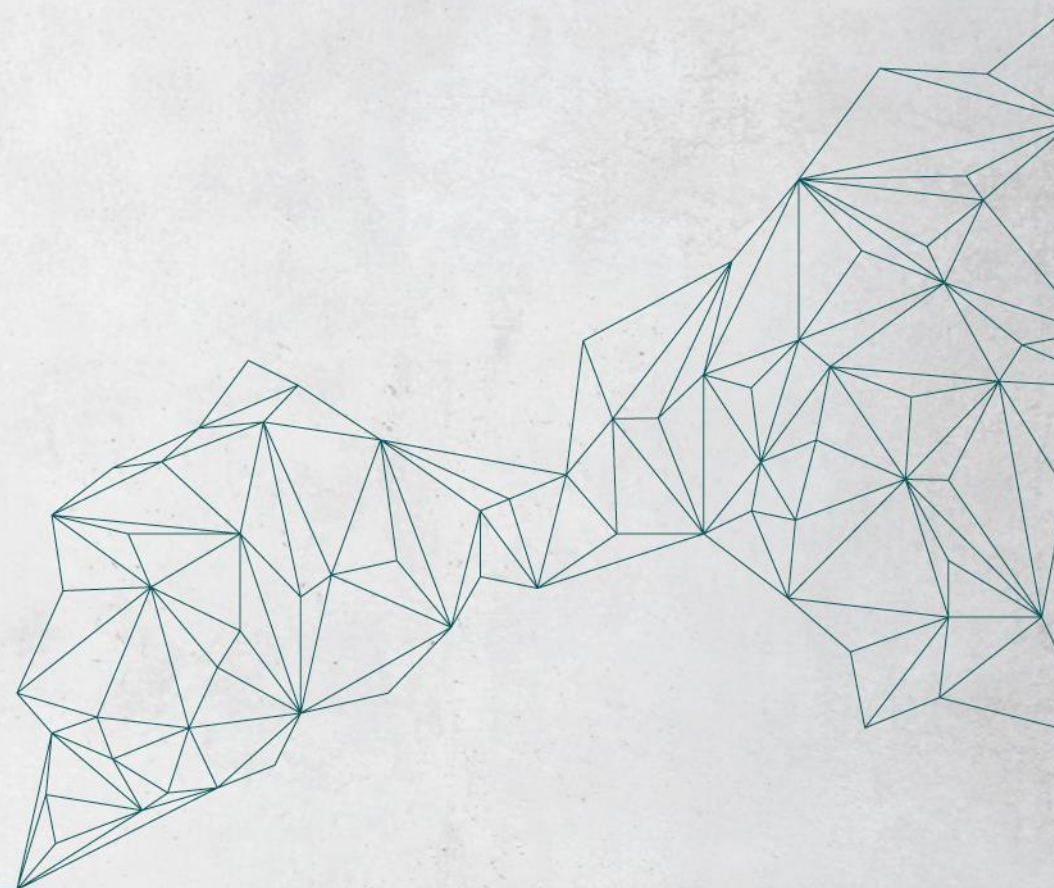
Lösungsansatz

- Eliminierung von Kostentreibern (Prototypen)
- Einfache Änderungsmöglichkeit der Kälteanlagen
- Schnelles Feedback hinsichtlich Regleradaptionen (neue Software aufgrund von Änderung der Reglerbeschreibung)

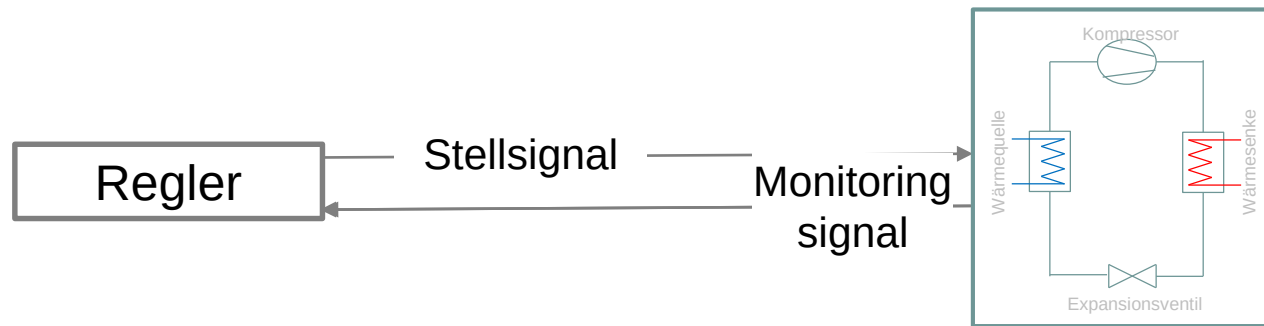


Der Controller-in-the-Loop (CIL) Ansatz

**CONNECTING
EXPERTS.**

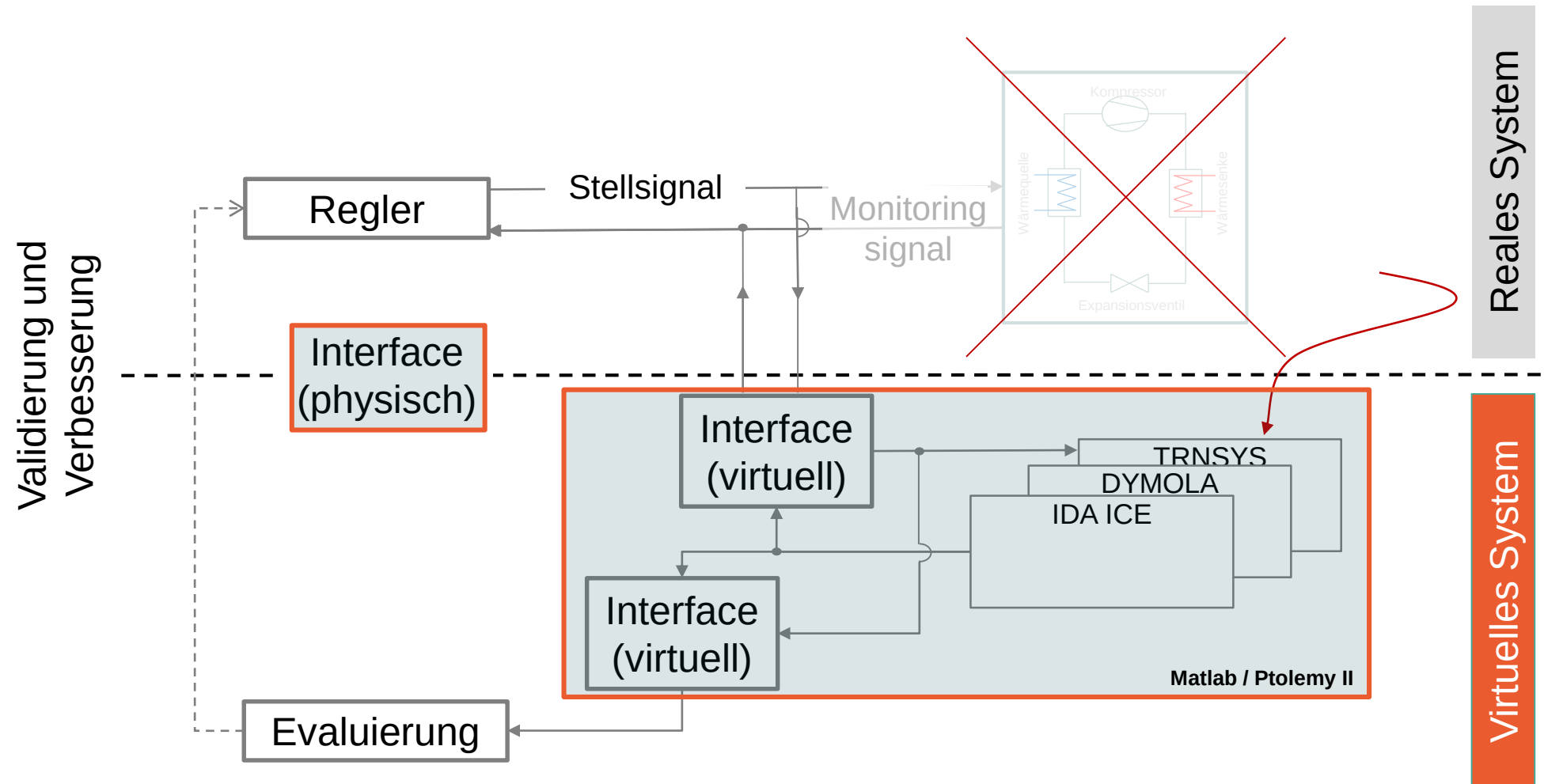


REALSYSTEM

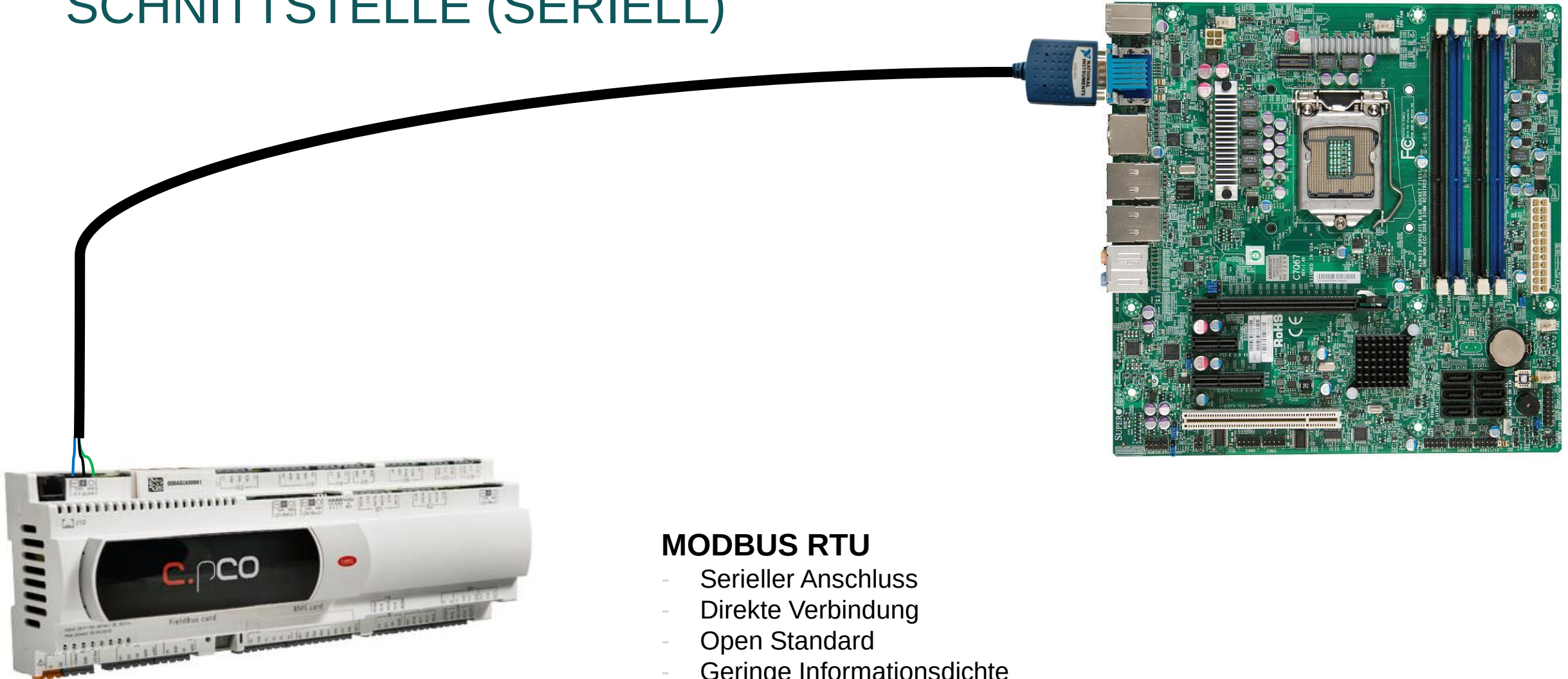


Reales System

CIL-ANSATZ



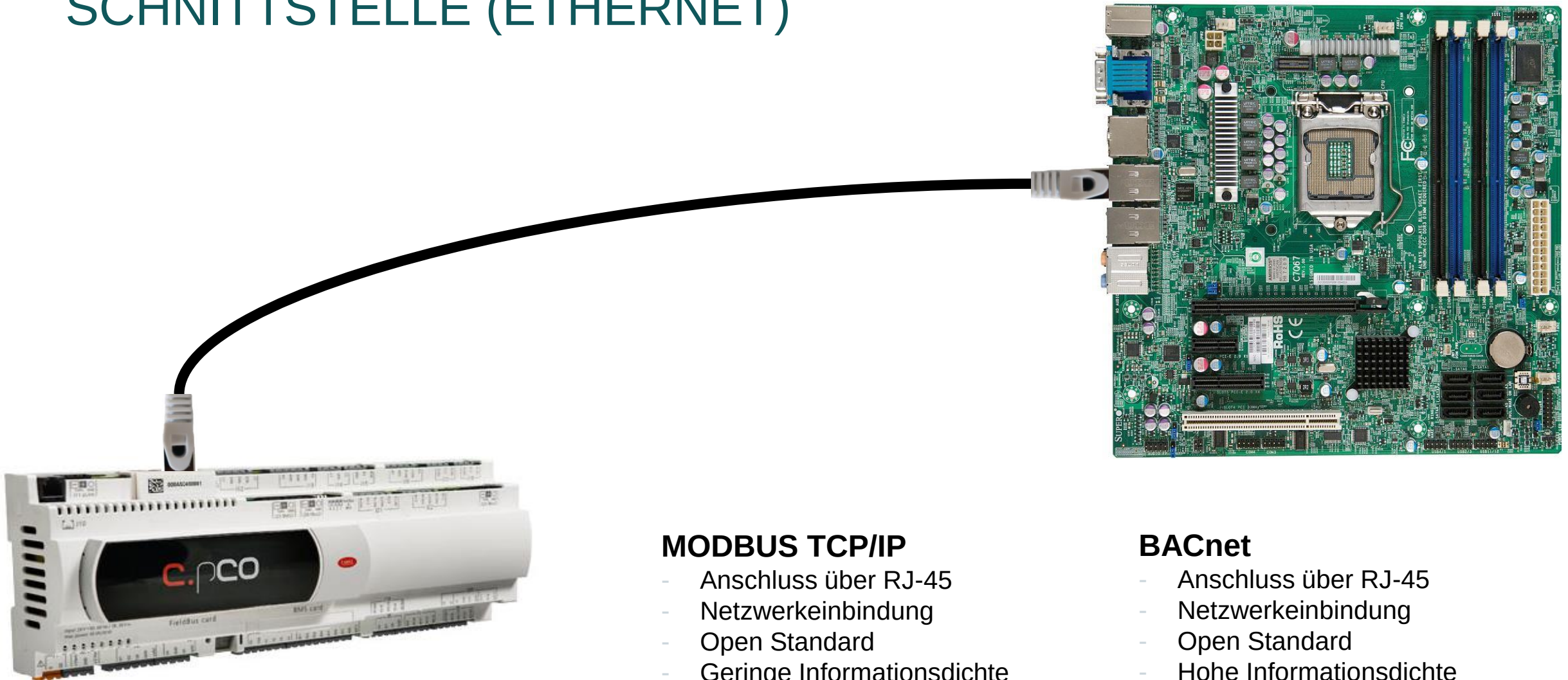
SCHNITTSTELLE (SERIELL)



MODBUS RTU

- Serieller Anschluss
- Direkte Verbindung
- Open Standard
- Geringe Informationsdichte
- Kein Datenoverhead

SCHNITTSTELLE (ETHERNET)



MODBUS TCP/IP

- Anschluss über RJ-45
- Netzwerkeinbindung
- Open Standard
- Geringe Informationsdichte
- Kein Datenoverhead

BACnet

- Anschluss über RJ-45
- Netzwerkeinbindung
- Open Standard
- Hohe Informationsdichte
- Datenoverhead

SCHNITTSTELLE (DAQ)



Direktanbindung

- Data Acquisition System notwendig
- Konvertierung von analogen Signalen in digitale
- Komplexere Datenverarbeitung als mit Protokollen
- Keine Parametrierung eines Protokolls reglerseitig notwendig

REGLERKOPPLUNG SOFTWARESEITIG

Interface

Software

Interface



Energy Plus

openSource (Lawrence Berkeley National Laboratory)

- Gebäude und HKLS Anlagen
- Viele Softwaretools verwenden e+ im Hintergrund
- Interface Möglichkeit (andere Anwendungen)
- Textbasiertes Modell



IDA ICE

Kommerziell (Equa)

- Gebäude und HKLS Anlagen
- Optimierungsaufgaben und Auswertungen



TRNSYS

Kommerziell

- Gebäude und HKLS Anlage
- Textbasiertes Modell

DYMOLA (Modelica)

Kommerziell

- Gleichungsbasiertes Modellieren
- Multidisziplinär



REGLERKOPPLUNG SOFTWARESEITIG

Interface

Software

Interface

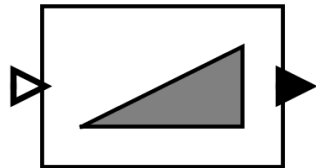
Energy Plus

openSource (Lawrence Berkeley National Laboratory)

- Gebäude und HKLS Anlagen
- Viele Softwaretools verwenden e+ im Hintergrund
- Interface Möglichkeit (andere Anwendungen)
- Textbasiertes Modell



Real World Reader



IDA ICE

Kommerziell (Equa)

- Gebäude und HKLS Anlagen
- Optimierungsaufgaben und Auswertungen



TRNSYS

Kommerziell

- Gebäude und HKLS Anlage
- Textbasiertes Modell



DYMOLA (Modelica)

Kommerziell

- Gleichungsbasiertes Modellieren
- Multidisziplinär



REGLERKOPPLUNG SOFTWARESEITIG

Interface

Software

Interface

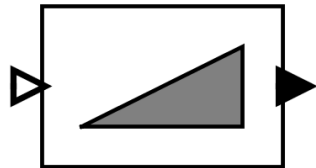
Energy Plus

openSource (Lawrence Berkeley National Laboratory)

- Gebäude und HKLS Anlagen
- Viele Softwaretools verwenden e+ im Hintergrund
- Interface Möglichkeit (andere Anwendungen)
- Textbasiertes Modell



Real World Reader



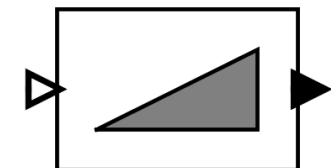
IDA ICE

Kommerziell (Equa)

- Gebäude und HKLS Anlagen
- Optimierungsaufgaben und Auswertungen



Real World Writer



TRNSYS

Kommerziell

- Gebäude und HKLS Anlage
- Textbasiertes Modell



DYMOLA (Modelica)

Kommerziell

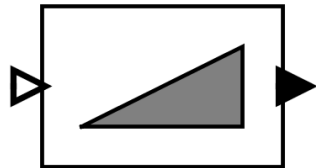
- Gleichungsbasiertes Modellieren
- Multidisziplinär



SOFTWAREKOPPLUNG



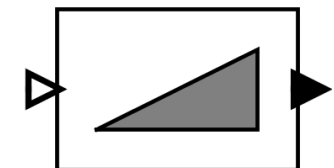
Real World Reader



Modell

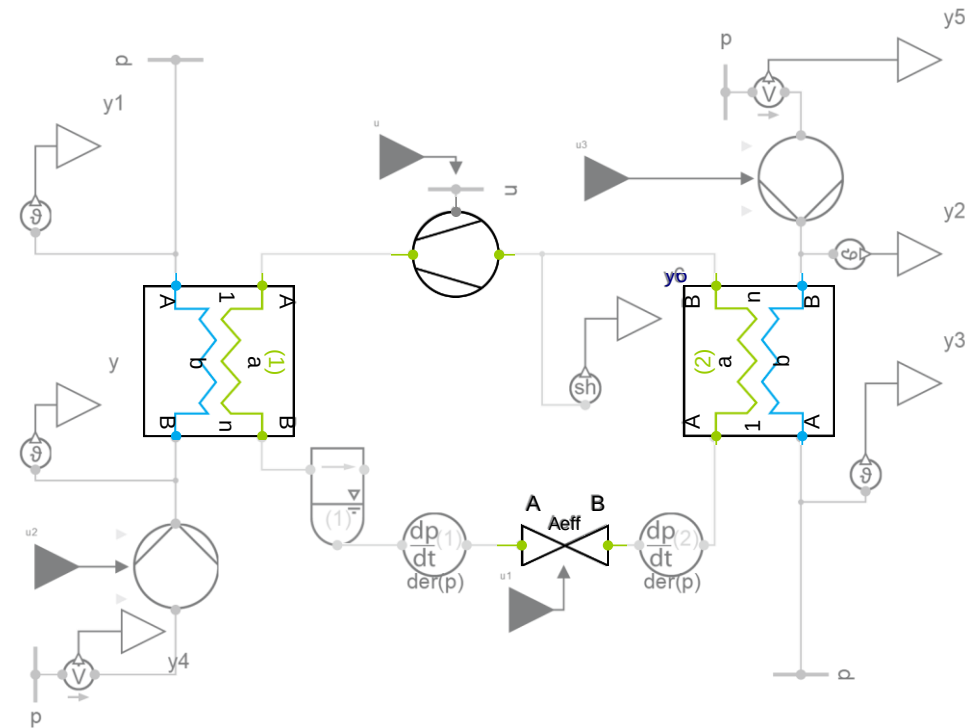


Real World Writer



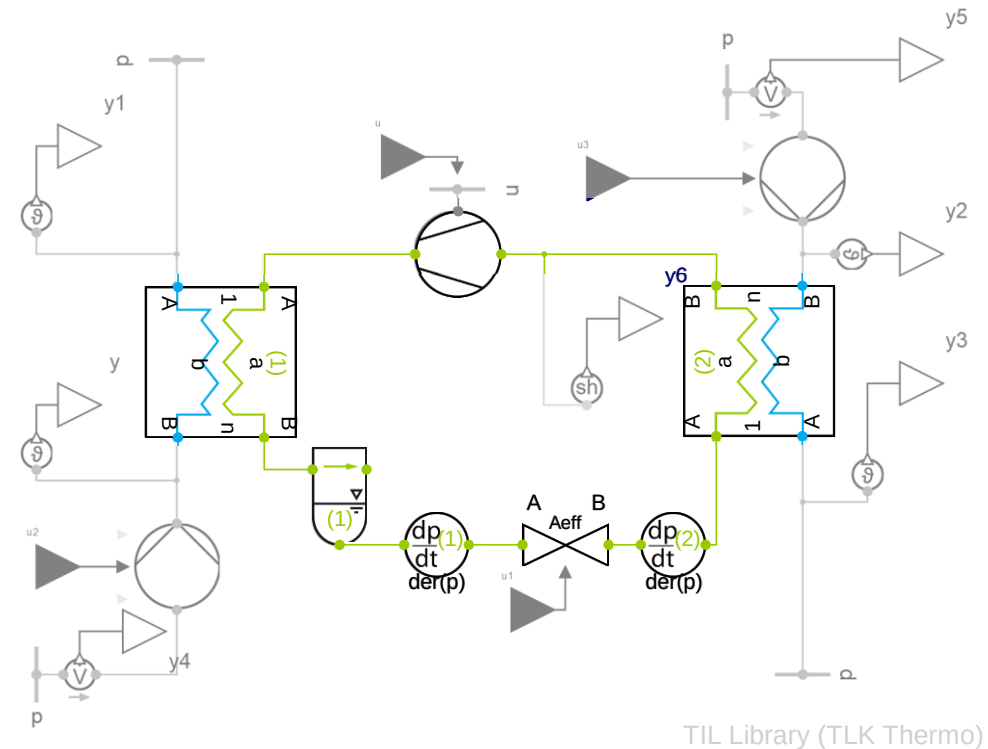


MODELLAUFBAU



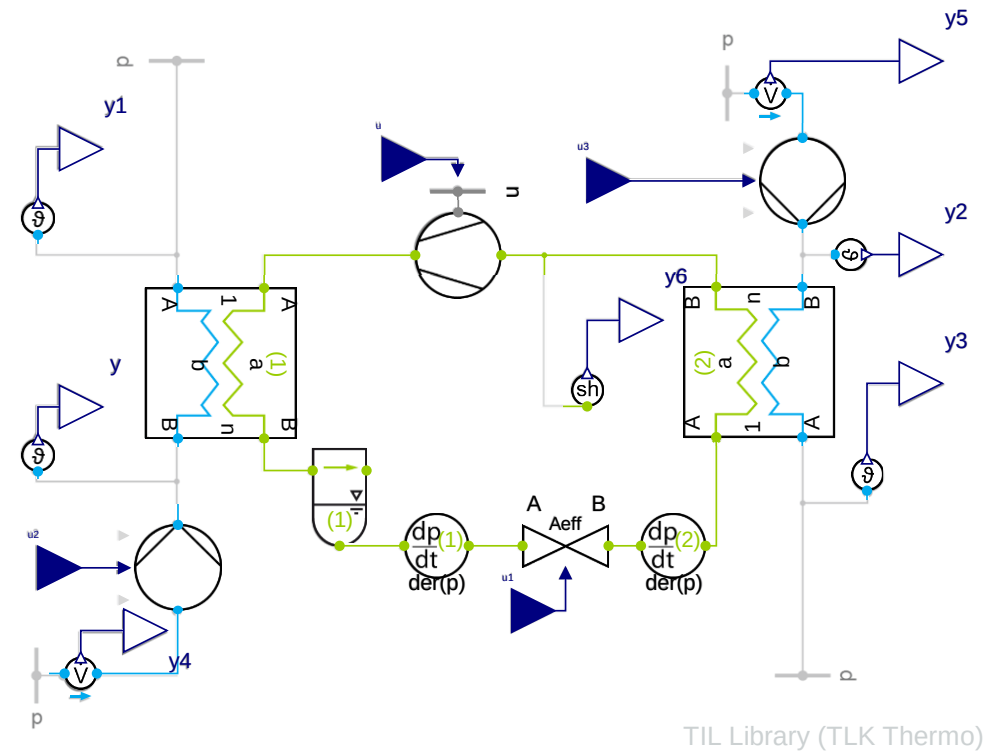
MODELLAUFBAU

Eckdaten	
Verdichterart	ON/OFF
Kältemittel	R1234zee
Heizleistung	7kW @B0W35
Max. Senktemperatur	60°C
Min. Quellentemperatur	-15°C
Überhitzung	7K



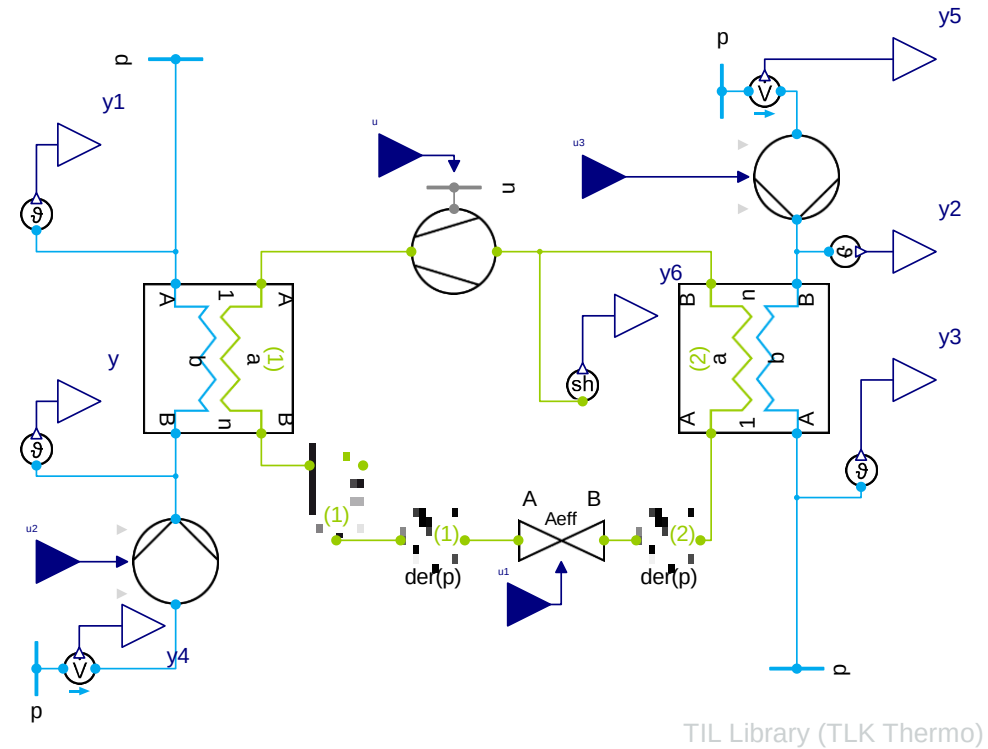
MODELLAUFBAU

Sensoren	Aktoren
$T_{\text{Senke, Eintritt}}$	$n_{\text{Verdichter}}$
$T_{\text{Senke, Austritt}}$	G_{EXV}
$T_{\text{Quelle, Eintritt}}$	$n_{\text{Pumpe, Senke}}$
$T_{\text{Quelle, Austritt}}$	$n_{\text{Pumpe, Quelle}}$
$\dot{V}_{\text{Senke}}$	
$\dot{V}_{\text{Quelle}}$	
$dT_{\text{ÜH}}$	



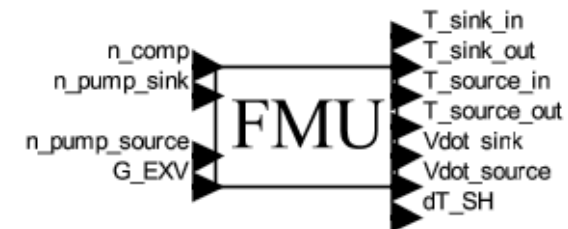
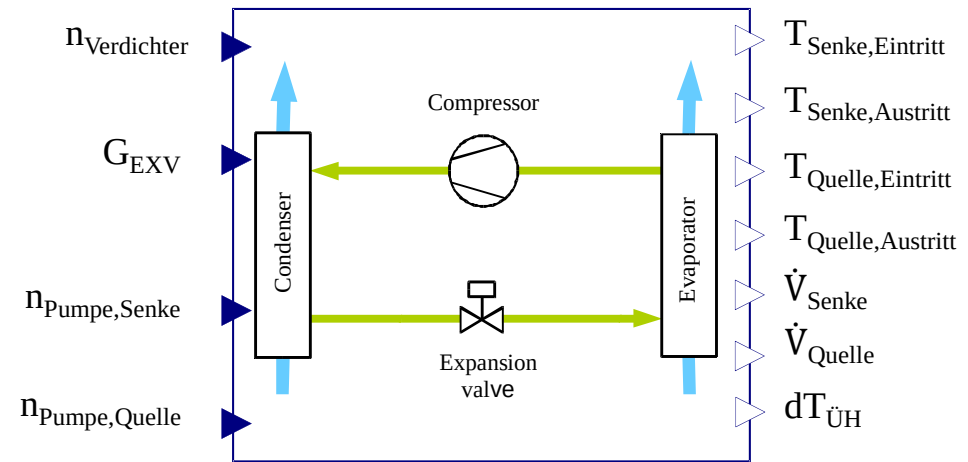
MODELLAUFBAU

Sensoren	Aktoren
$T_{\text{Senke, Eintritt}}$	$n_{\text{Verdichter}}$
$T_{\text{Senke, Austritt}}$	G_{EXV}
$T_{\text{Quelle, Eintritt}}$	$n_{\text{Pumpe, Senke}}$
$T_{\text{Quelle, Austritt}}$	$n_{\text{Pumpe, Quelle}}$
$\dot{V}_{\text{Senke}}$	
$\dot{V}_{\text{Quelle}}$	
$dT_{\text{ÜH}}$	



MODELLAUFBAU

Sensoren	Aktoren
$T_{\text{Senke, Eintritt}}$	$n_{\text{Verdichter}}$
$T_{\text{Senke, Austritt}}$	G_{EXV}
$T_{\text{Quelle, Eintritt}}$	$n_{\text{Pumpe, Senke}}$
$T_{\text{Quelle, Austritt}}$	$n_{\text{Pumpe, Quelle}}$
$\dot{V}_{\text{Senke}}$	
$\dot{V}_{\text{Quelle}}$	
$dT_{\text{ÜH}}$	

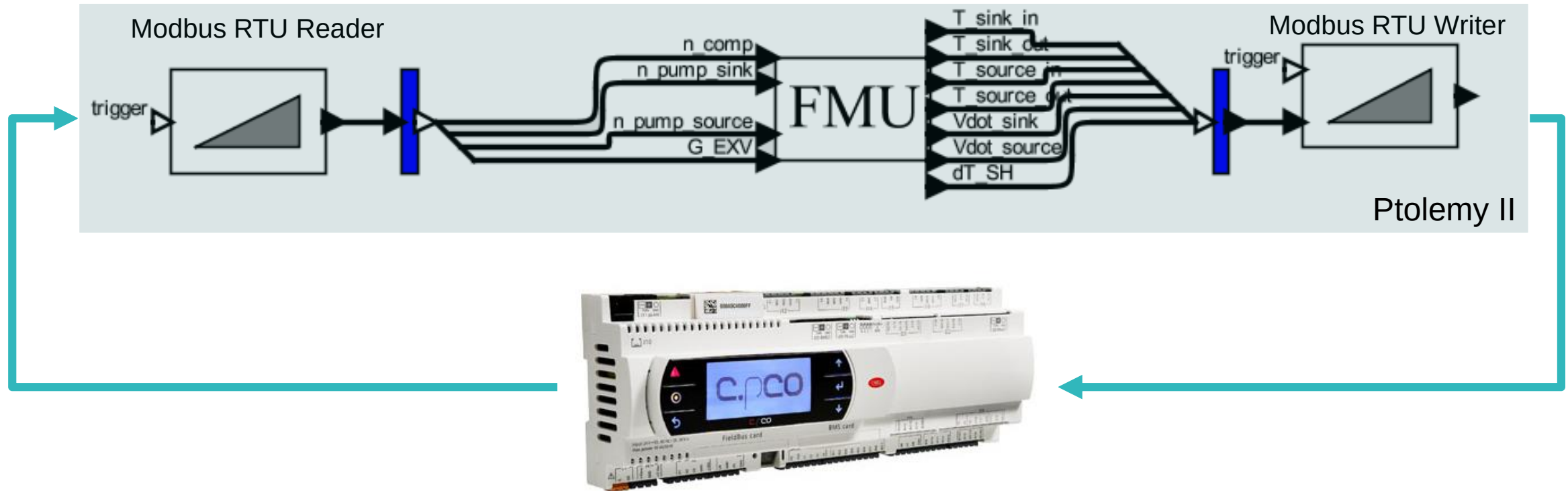


REGLERKOPPLUNG SOFTWARESEITIG

Interface

Software

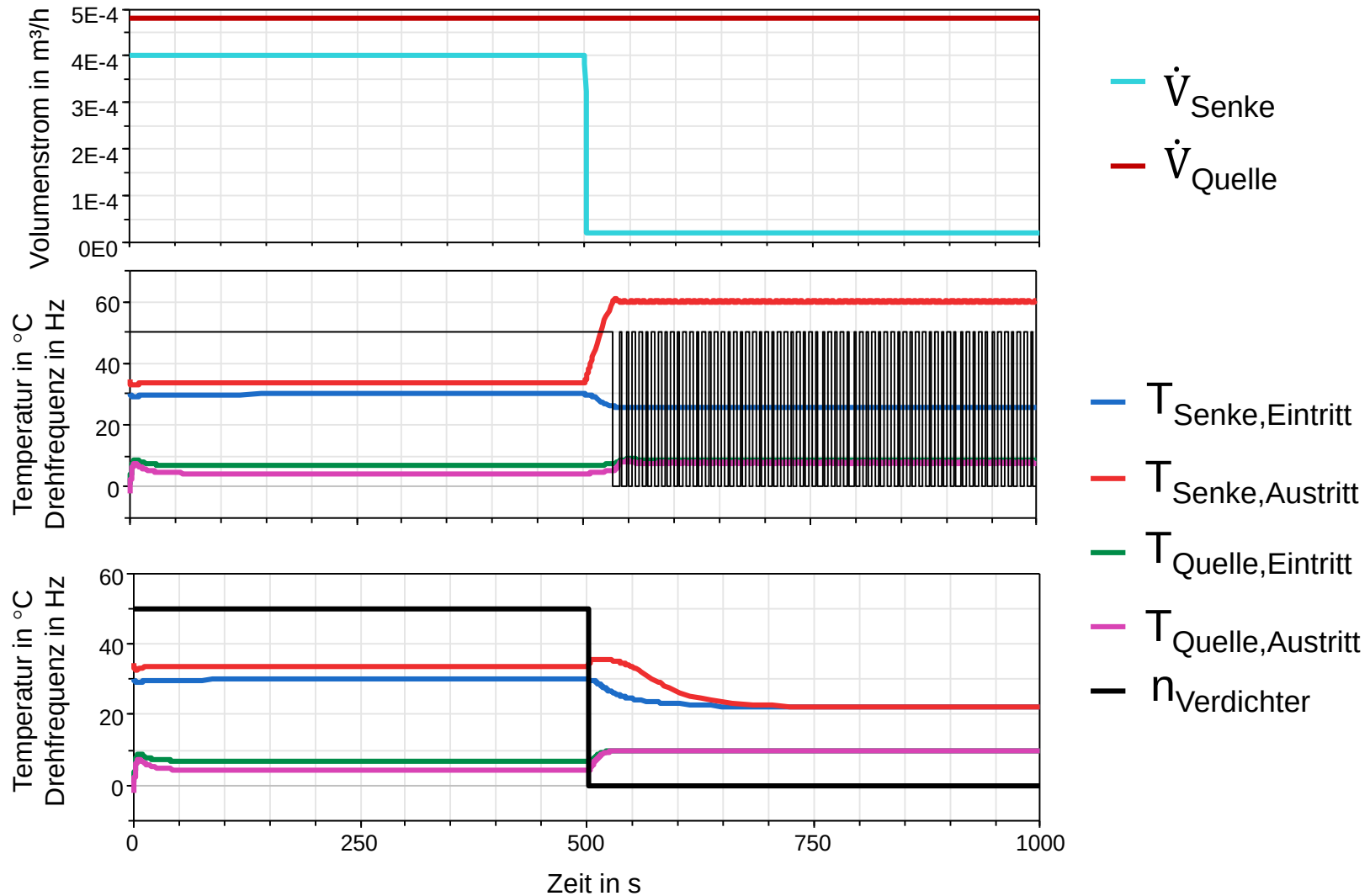
Interface



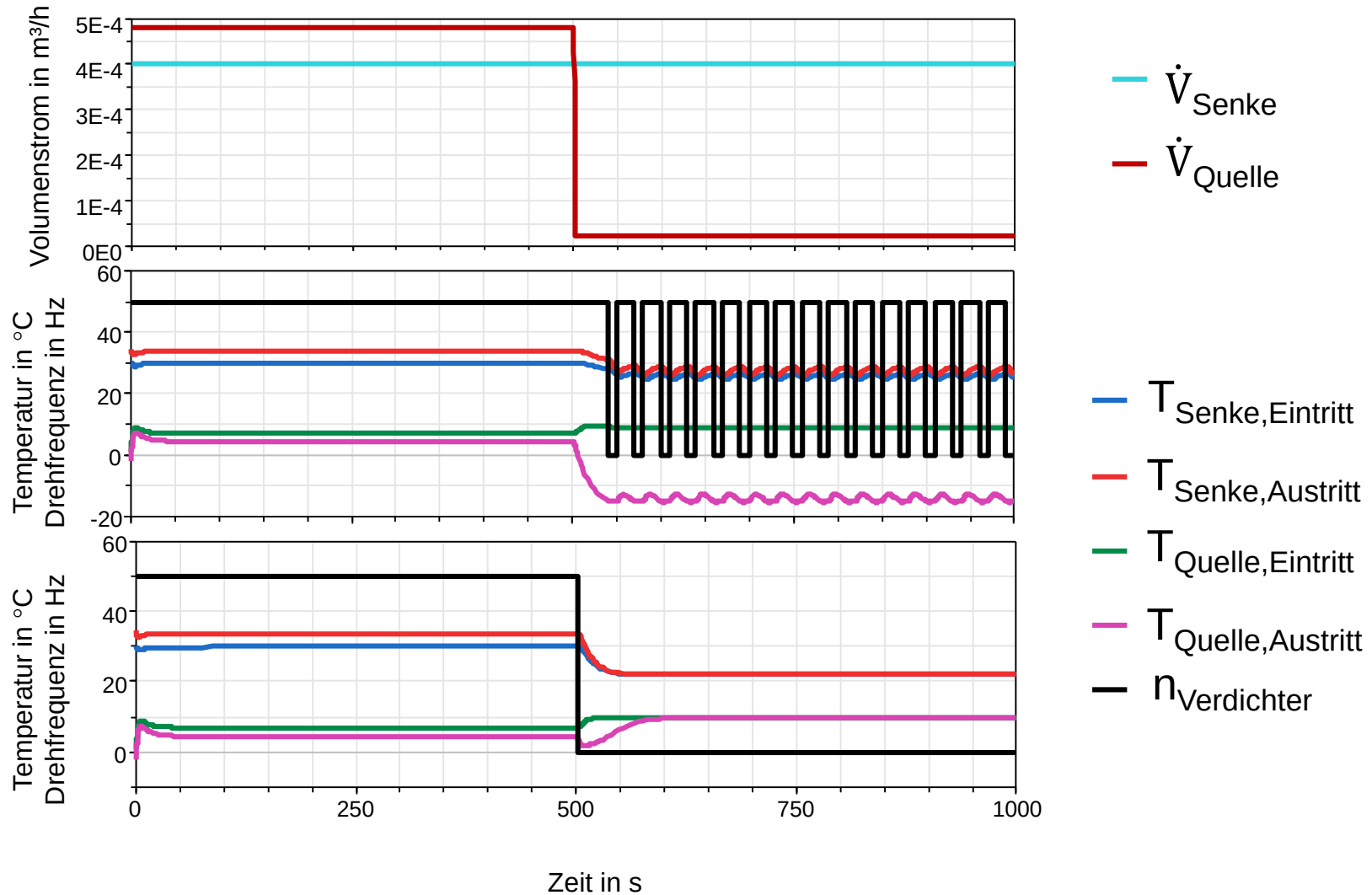
**CONNECTING
AC & VENTILATION
EXPERTS.**



MASSENSTROMABFALL SENKENSEITIG



MASSENSTROMABFALL QUELLENSEITIG



DISKUSSION

- Gesamtheitliche Einbindung eines Reglers in ein CIL-Netzwerk
- Unterschiedliche Simulationsprogramme zur Modellierung diversester Anlagen
- Stabile Kommunikation über Ptolemy II
- Zügige Prüfung verschiedener Anlagenkonfigurationen und –Parametrierungen mit demselben Regler
- Änderungen von Reglerparametern und –strategien schnell prüfbar
- Fehler in der Reglerprogrammierung identifizierbar
- Normierte Prüfungen nachbildbar und Reglerreaktionen überprüfbar

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Andreas Sporr
andreas.sporr@ait.ac.at
Austrian Institute of Technology GmbH

CONNECTING
EXPERTS.

