



Modellbasierte Energiebedarfsvorhersage und Gebäudebetriebsüberwachung mittels einer IoT-Plattform

Dominik Wystrcil
Nicolas Rehault
Tim Rist
Thorsten Müller-Eping
Fraunhofer ISE

Unter der
Schirmherrschaft des



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



**Berlin, 22./23.
März 2018**



MODELLBASIERTE ENERGIEBEDARFSVORHERSAGE UND GEBÄUDEBETRIEBSÜBERWACHUNG MITTELS EINER IoT- PLATTFORM



Nicolas Réhault
Dominik Wystrcil
Tim Rist
Thorsten Müller-Eping

Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme ISE

TGA-Kongress
Berlin, 23.03.2018

www.ise.fraunhofer.de

AGENDA

- Einleitung
- Lösungsansatz
- Data Analytics Services
 - Modellbasierte Energiebedarfsvorhersage
 - Fehlererkennung und -diagnose
- Zusammenfassung
- Ausblick

Einleitung

Motivation und Ausgangssituation

- **Performance Gap:** Planungsphase ↔ Betriebsphase
 - Energieberechnung (z.B. nach DIN V 18599)
 - Geänderte Randbedingungen (z.B. Nutzung)
 - Suboptimale Betriebsweise oder Anlagenfehler
- **Ziel:** Effizienzsteigerung durch eine kontinuierliche Analyse und Bewertung des Gebäudebetriebs
- **Ausgangssituation**
 - Viele Datenquellen verfügbar (HLK, GLT, ...)
 - Es fehlen standardisierte Lösungen zur Nutzbarmachung und Verarbeitung dieser Daten auf einer höheren Ebene

Einleitung

EU-Projekt TOPAs



www.topas-eeb.eu/

- **TO**ols for continuous building **P**erformance **A**uditing
- Entwicklung einer cloud-basierten Plattform zur kontinuierlichen Gebäudebetriebsüberwachung
- Entwicklung von Analyse-Tools zur Betriebsoptimierung
- Holistischer Ansatz
 - SENSE: Datenakquise
 - LEARN: Datenanalyse
 - ACT: Handlungsempfehlungen
 - OPERATE: Betriebsführung



Einleitung

3 Demonstrationsgebäude



- IBM Technology Campus (Dublin, Irland)
 - Baujahr 2011
 - ca. 15.000 m²



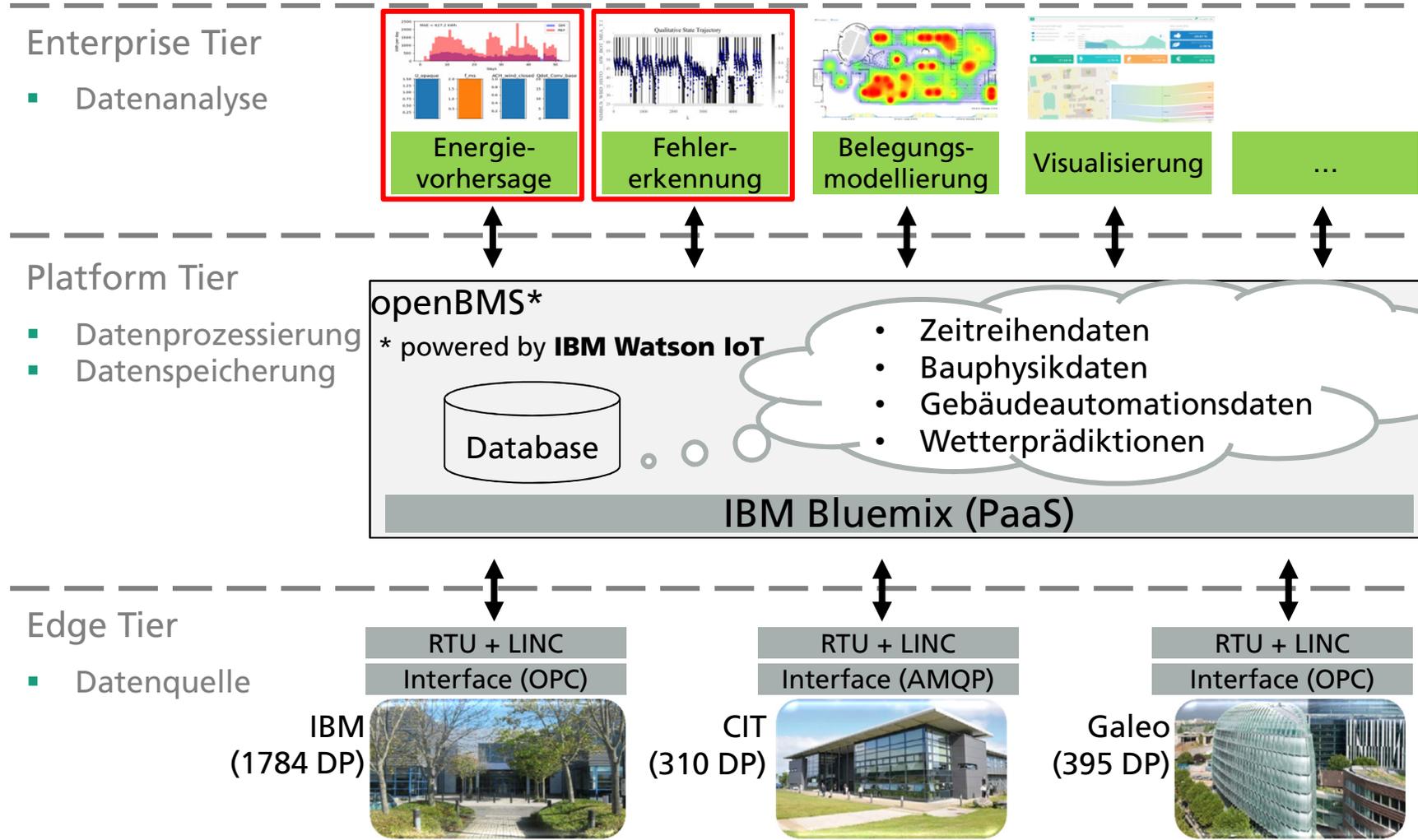
- CIT Nimbus Building (Cork, Irland)
 - Baujahr 2010
 - ca. 1.000 m²



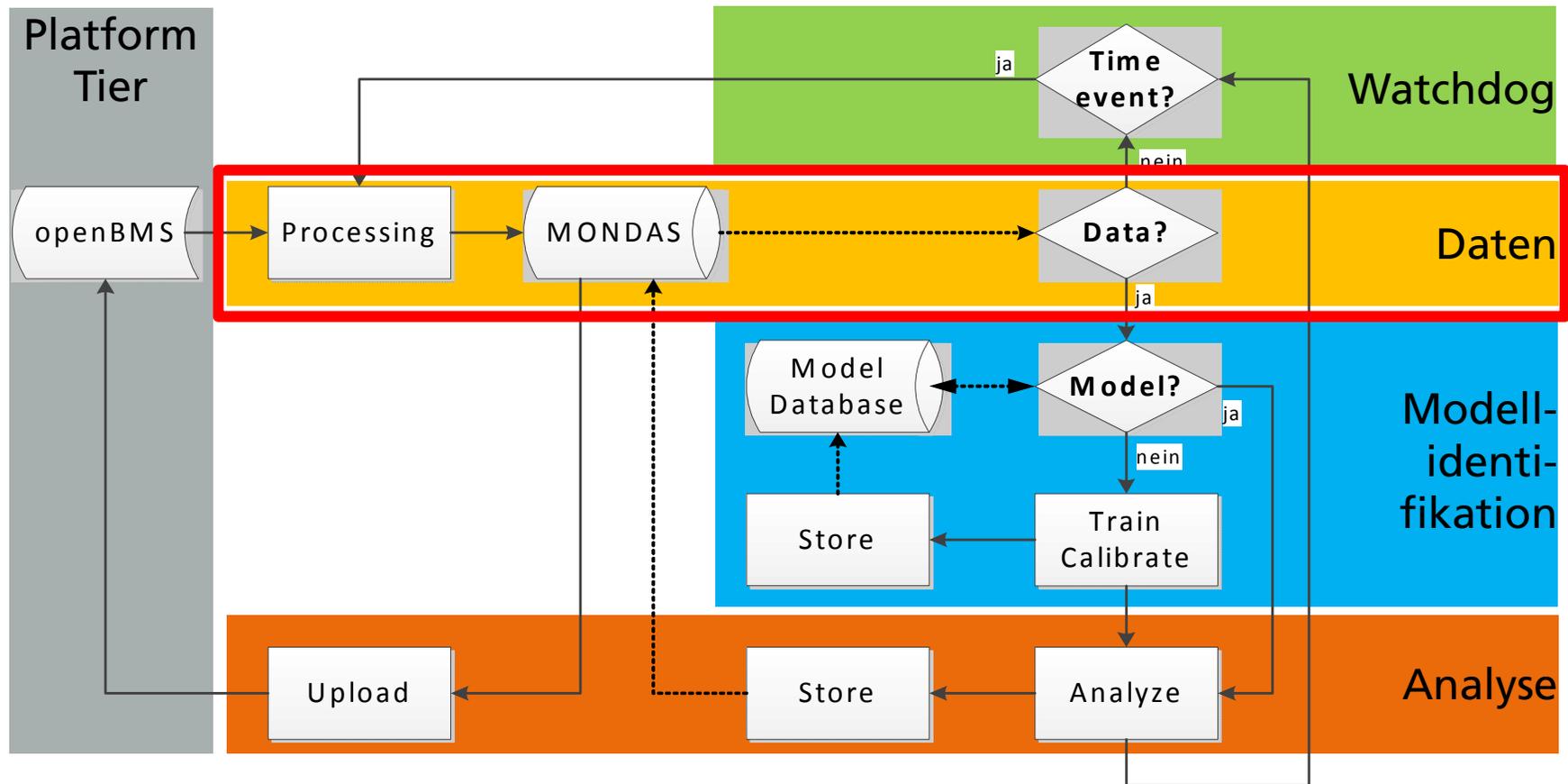
- Galeo Building (Paris, Frankreich)
 - Baujahr 2009
 - ca. 6.400 m²



Lösungsansatz Hard-/Softwarearchitektur und Toolchain



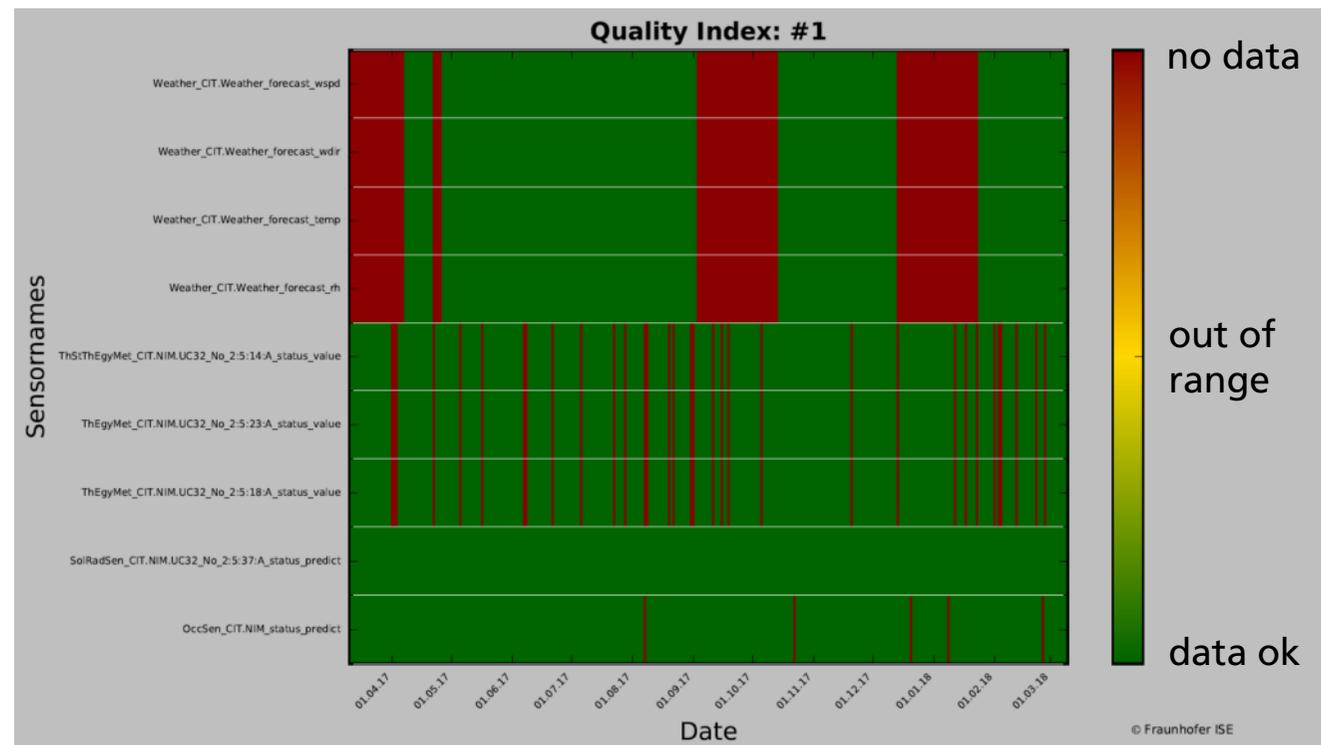
Data Analytics Services Workflow



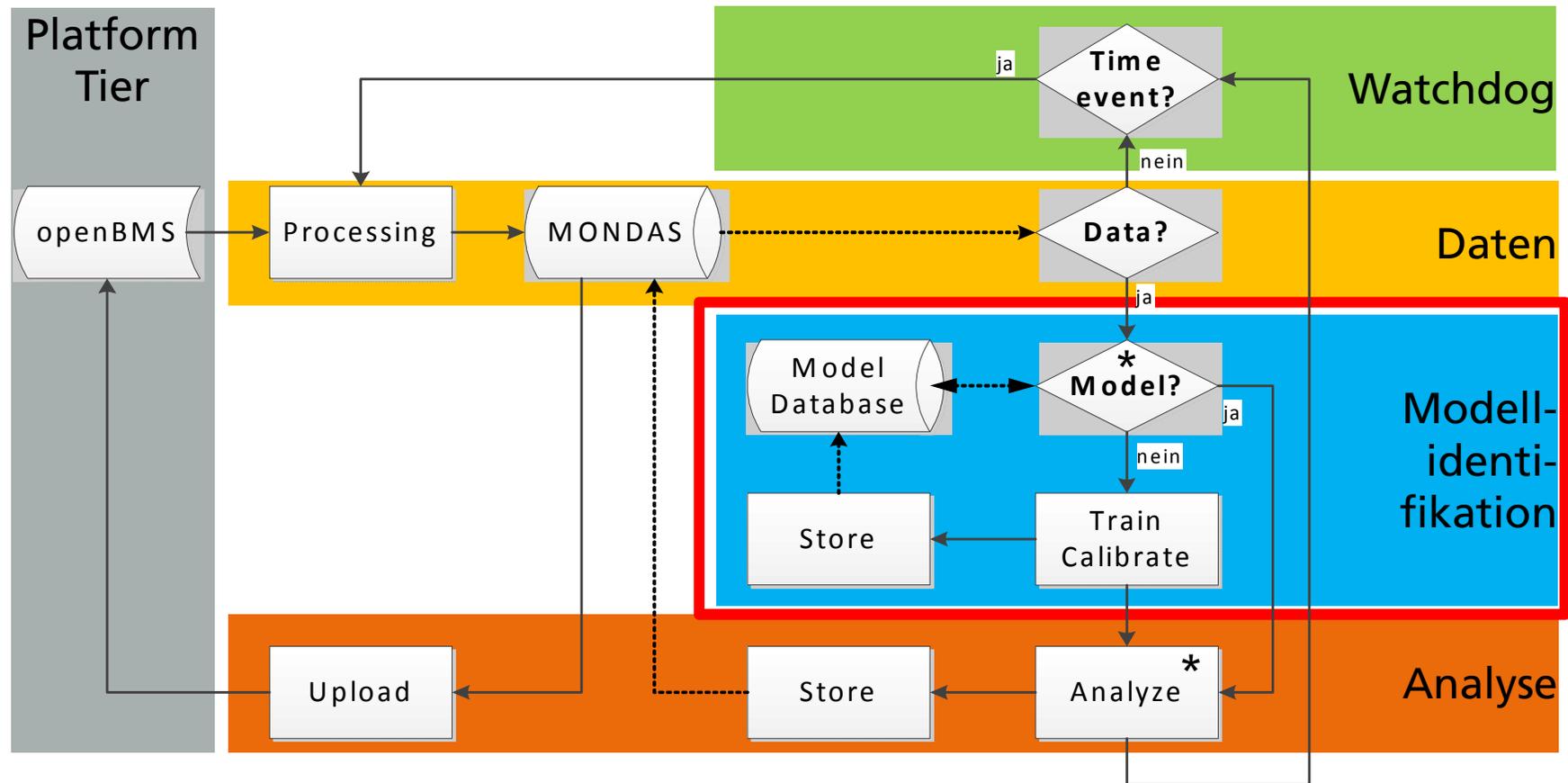
Data Analytics Services

Datenprozessierung

- Verwendung der Softwareplattform MONDAS
- Sampling zu
 - Minuten
 - Stunden
 - Tage
- Filterung
 - Energien
 - Einheiten
 - Ausreißer



Data Analytics Services Workflow



Data Analytics Services

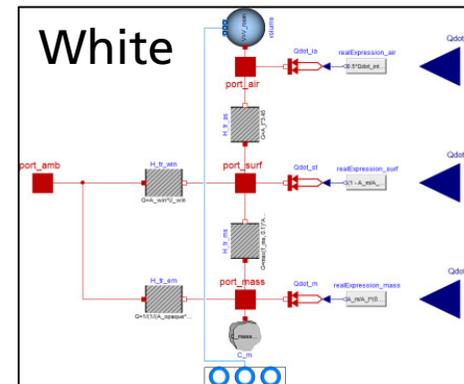
Modellierungsansätze

- White Box Modelle (Dymola/Modelica)
 - Physikalische Ansätze (Bilanzen)
 - Physikalische Parameter
 - Regelkreise (z.B. Lüftung)

- Black Box Modelle (Python)
 - Statistische Verfahren
 - Regression, Klassifizierung, Clustering
 - Z.B. Random Forest Regression, DBSCAN, Qualitative Modelle

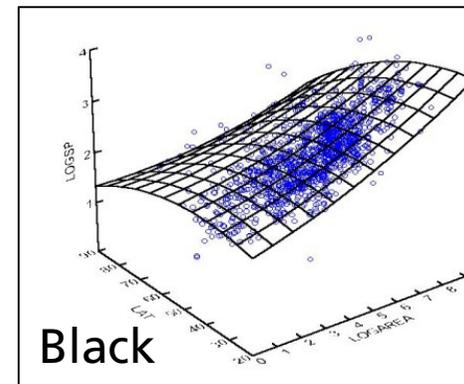
Zeitreihen:

- Wetter
- Belegung



Parameter:

- A_{NGF}
- $U_{fassade}$
- ...



Parameter:

- m_{slope}
- n_{splits}
- ...

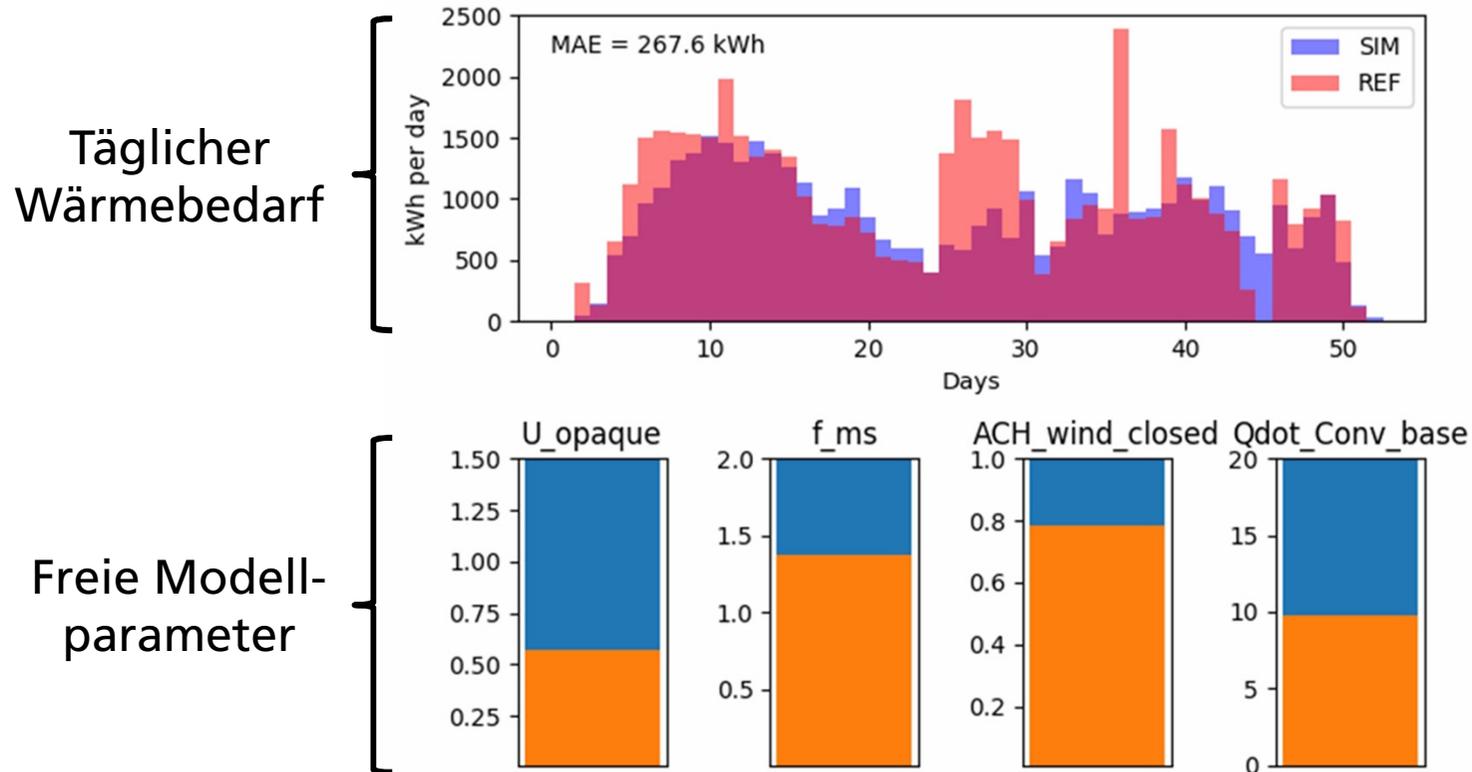
Energiebedarf

Data Analytics Services

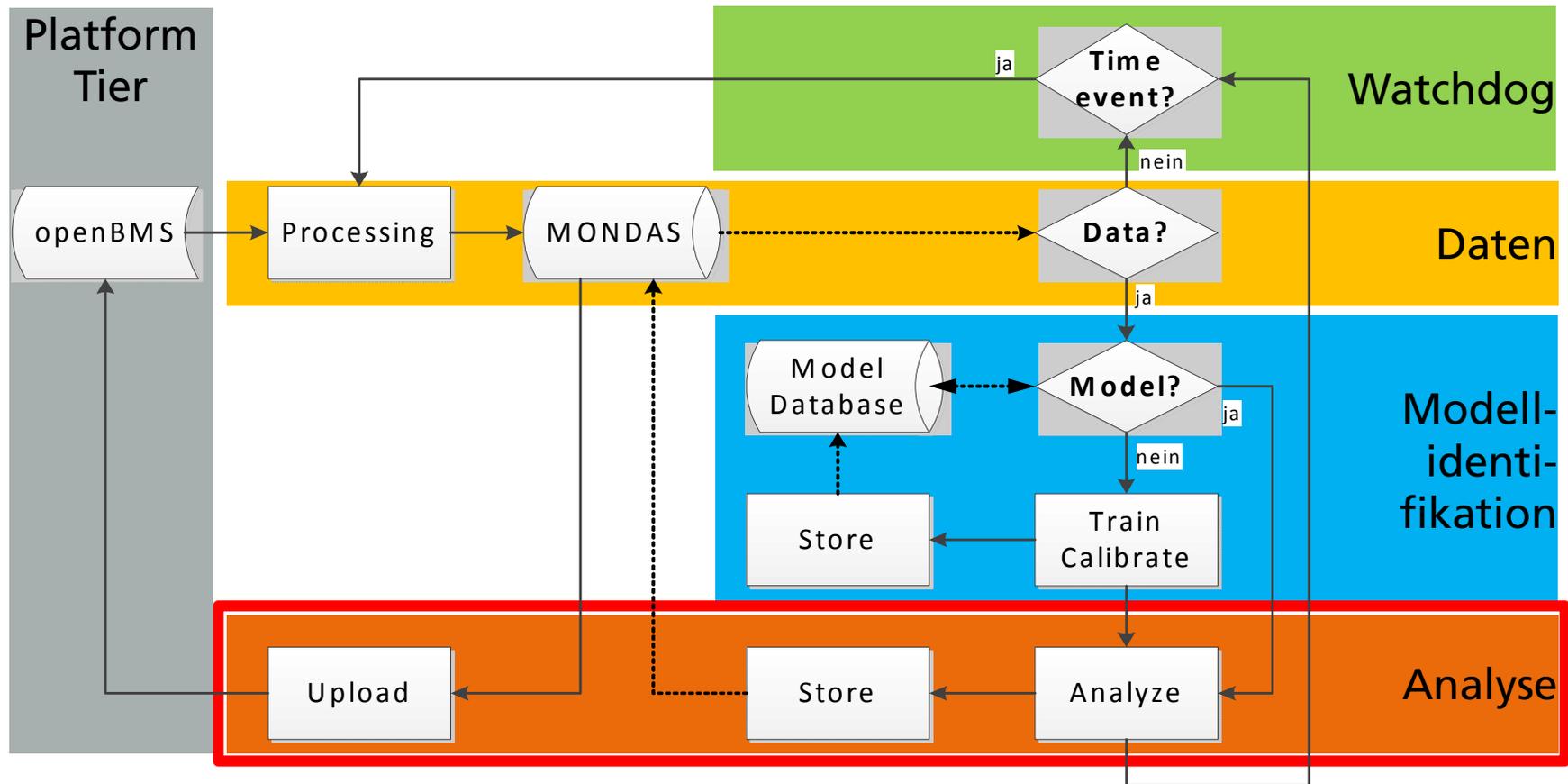
Automatische Modellkalibrierung

- Simulationsbasierte Optimierung mit Nelder-Mead-Verfahren

$$\min_{p \in \mathbb{R}^k} \text{MAE} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{Y}_i(p) - Y_i| \right)$$

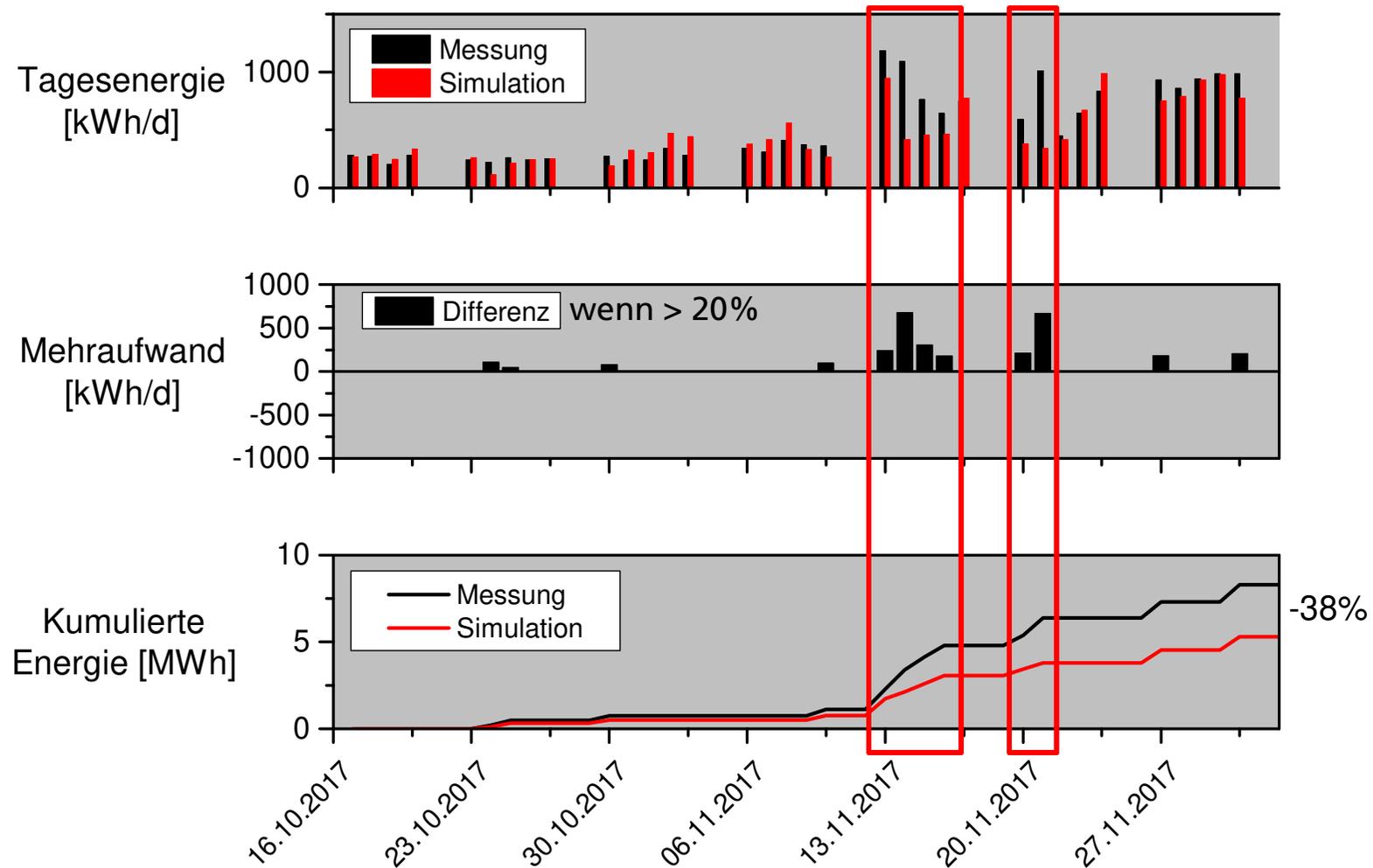


Data Analytics Services Workflow



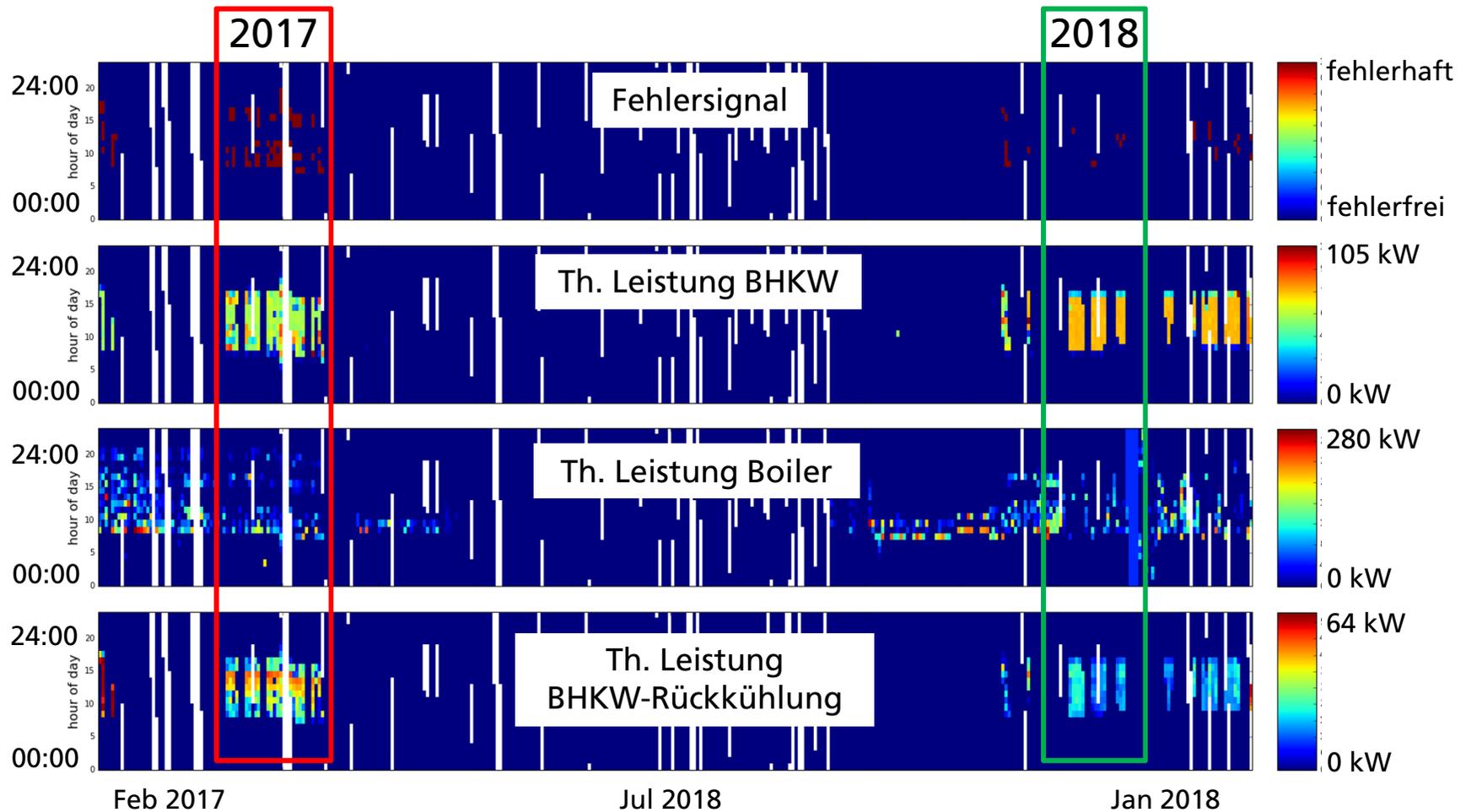
Data Analytics Services

Modellbasierte Energiebedarfsvorhersage



Data Analytics Services

Fehlererkennung und -diagnose



Fehler: Rückkühlung BHKW an Umgebung + Wärmeerzeugung durch Boiler

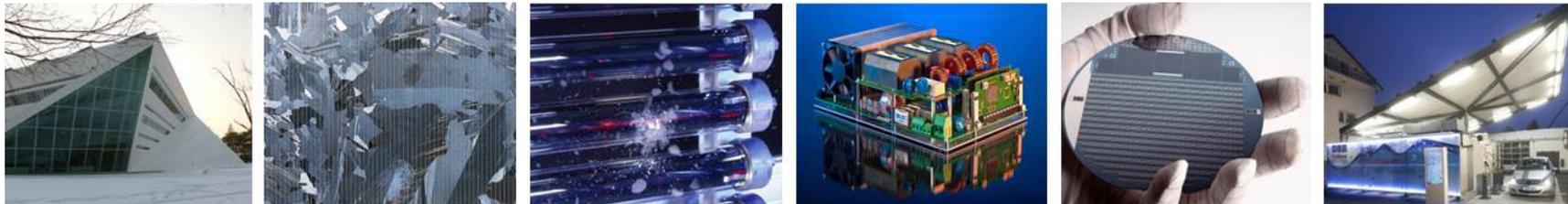
Zusammenfassung

- Entwicklung einer cloud-basierten Plattform zur kontinuierlichen Gebäudebetriebsüberwachung
- Hard- und Softwarearchitektur läuft stabil in 3 Demonstrationsgebäuden
- Erfolgreiche Entwicklung von *Data Analytics Services*
 1. Modellbasierte Energiebedarfsvorhersage
 2. Automatische Fehlererkennung und -diagnose
- Die *Data Analytics Services* unterstützen bei der energetischen Optimierung des Gebäudebetriebs

Ausblick

- TOPAs „Business Angel Forum“ am 21.03.2018 bei IBM München
 - Darstellung der Wertschöpfungskette der Plattform und der einzelnen Module (FDD, Energiesimulation, MPC, ...)
 - Vorstellung und Diskussion des Geschäftsmodells (PaaS)
- Anpassung und Integration der einzelnen Module auf Geräte- bzw. Komponentenebene
 - z.B. in einer Wärmepumpe, RLT-Anlage, Pumpe, ...
 - Innovative Industriepartner gesucht!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dominik Wystrcil

Nicolas Réhault

Tim Rist

Thorsten Müller-Eping

www.ise.fraunhofer.de

nicolas.rehault@ise.fraunhofer.de