



## **EnOB: MFGeb – Methoden zur Fehlerdiagnose im Gebäudebetrieb**

IBIT - Institut für bauerwerksintegrierte Technologien  
der Fachhochschule Erfurt

30. Oktober 2019

Christoph Hutter, M.Eng.

# Einige Eckdaten zum Projekt

**Projektlaufzeit:** bis 30.06.2021

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Michael Kappert

**Mitarbeiter:** Adrian Gebhard, M.Eng.  
Christoph Hutter, M.Eng.  
Patrick Müller, M.Eng.

## Projektpartner:

**ILK Dresden** 

Institut für Luft- und Kältetechnik  
gemeinnützige Gesellschaft mbH



## 1. Die Ziele

## 2. Die Begründung

## 3. Der Weg zur Diagnose

## Fehlerdiagnose gebäudetechnischer Anlagen

- Anlagen werden bedarfsgerechter und effizienter
  - Weniger Energieeinsatz
  - Weniger Treibhausgasemissionen
  - Niedrigere Betriebskosten
- Erhöhte Zuverlässigkeit
  - Anbahnende Fehler erkennen bevor der Nutzer sie bemerkt

Nutzer/Anlagenbetreiber:

# Brauche ich eine Fehlererkennung?

- mir ist nicht warm
  - mir ist nicht kalt
  - frische Luft habe ich auch
- ⇒ meine Anlage läuft! (?)

## 2. Begründung

**Welche Fehler gibt es wann und wo?**

**Und wem könnte was auffallen?**

Eine kurze Zusammenfassung von 959 Fehlern aus 65 Berichten

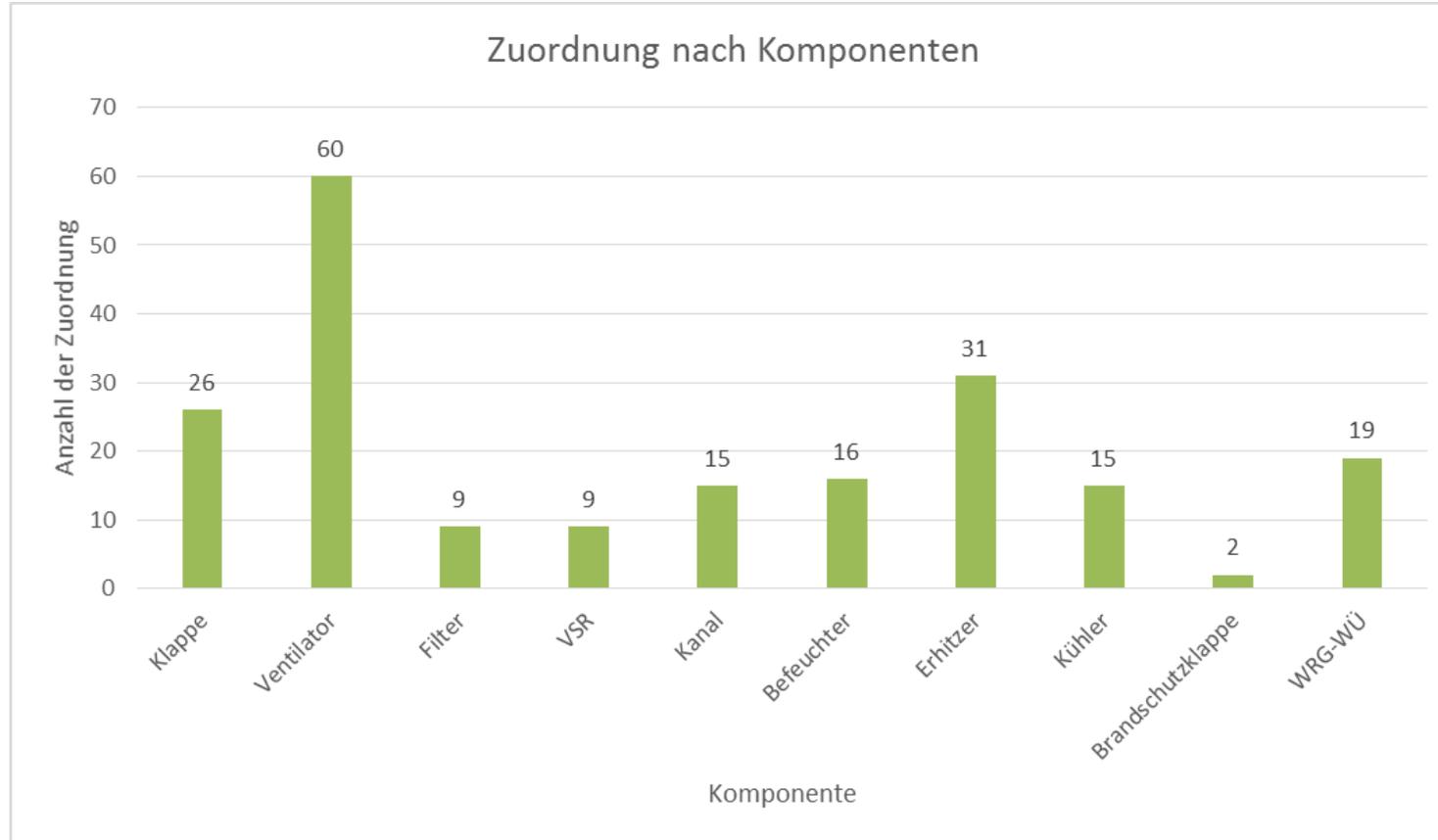
## 2. Begründung

### Wo Fehler auftauchen



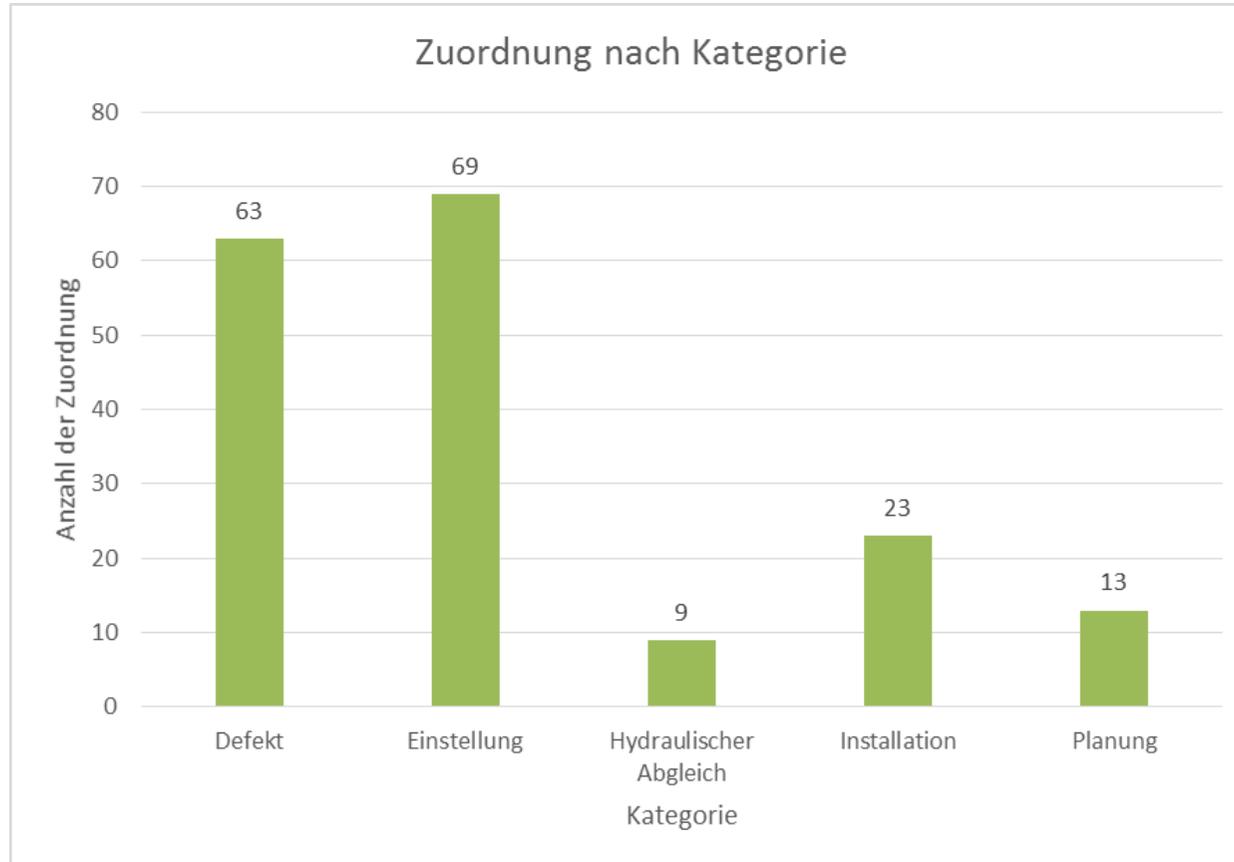
## 2. Begründung

### Wo Fehler in der RLT auftauchen



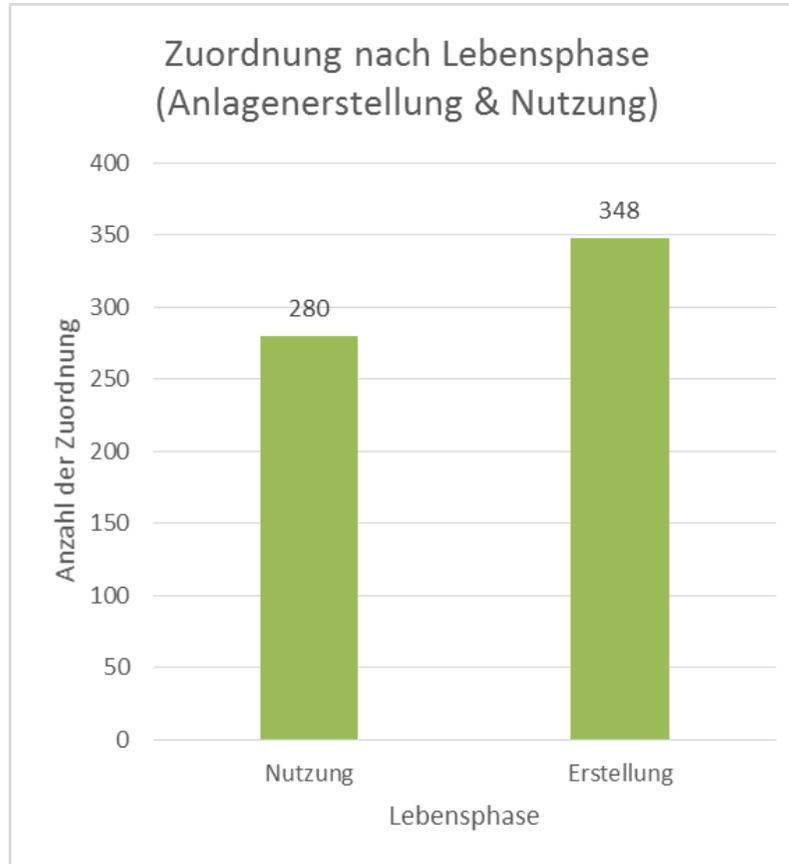
## 2. Begründung

### Häufige Fehlerkategorien in der RLT



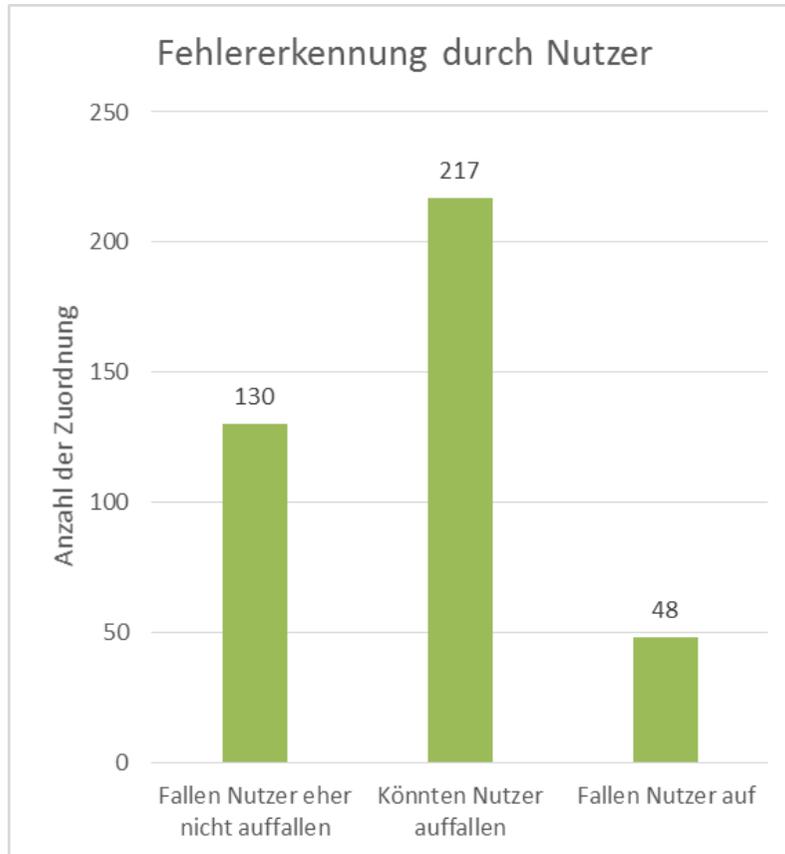
## 2. Begründung

### Möglicher Zeitpunkt der Fehlerursache in der RLT



## 2. Begründung

### Fällt der Fehler dem Nutzer auf?



## 2. Begründung

### Beispiele für eher unauffällige Fehler

- Fehler der Wärmerückgewinnung
- Fehlerhafte Betriebszeiten
- Außenluftanteil in Zuluft zu hoch
- Umluftanteil bei Nachtlüftung
- Gleichzeitiges Heizen und Kühlen
- Unnötiges Auslösen des Frostschutzes
- Hohe Rücklauftemperaturen
- ...

## 2. Begründung

### Einsparpotenziale durch Fehlerdiagnose

- bis 20 % vom Strom- und Wärmeverbrauch [1]
- 20 % bis 30 % vom Wärmeverbrauch [2]
- 4 % bis 25 % vom Stromverbrauch für Lüftung, Beleuchtung und Kühlung [3]
- 10 % bis 30 % vom Strom- und Wärmeverbrauch [4]
- Hohe Rücklauftemperaturen am Luftherhitzer: Mehrverbrauch von 8 % bis 15 % [5]

➤ Einsparpotential ist vorhanden

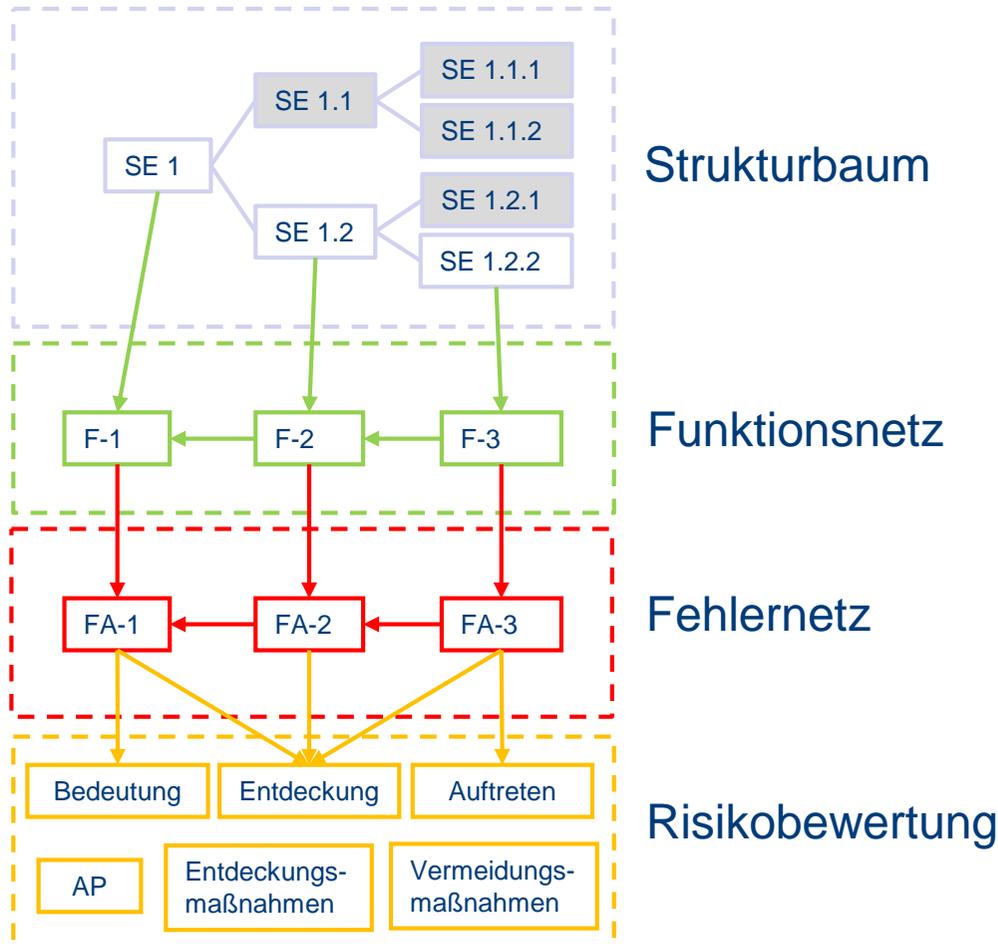
## 3. Der Weg zur Diagnose

### Diagnose

- Durch Kenntnis eines Systems einen Fehler und seine Ursache bestimmen
1. Kenntniskenn Gewinn mittels der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)
  2. Ermittlung und Validierung von Erkennungs- und Diagnosealgorithmen
  3. Dokumentation der Ergebnisse in einer Datenbank

### 3. Der Weg zur Diagnose

#### Die FMEA:

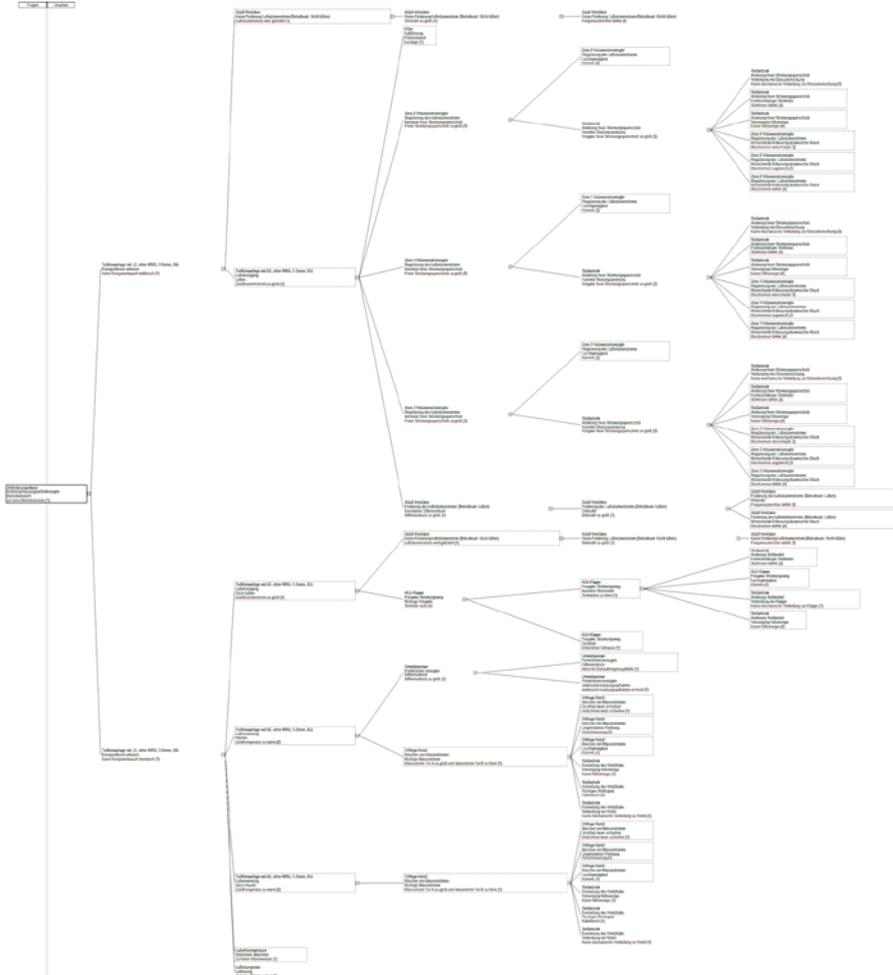


Systemanalyse

Fehleranalyse und  
Risikoreduzierung

# 3. Der Weg zur Diagnose

## Die FMEA: Ein Fehlernetz



## 3. Der Weg zur Diagnose

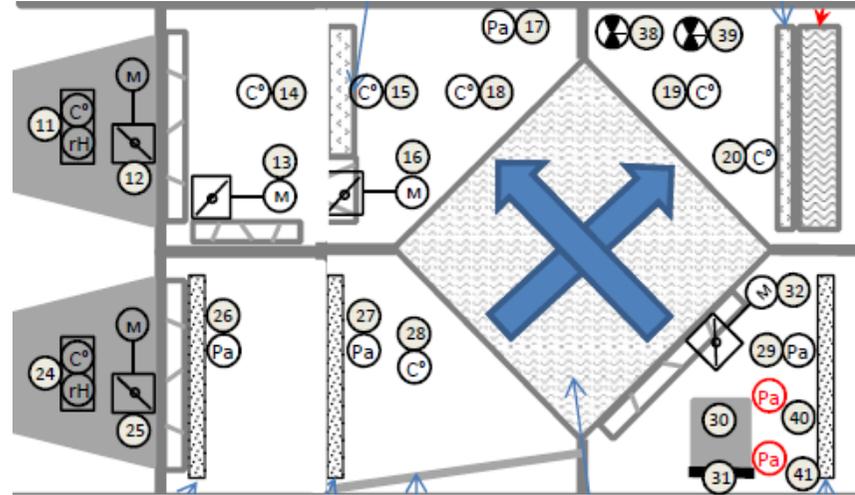
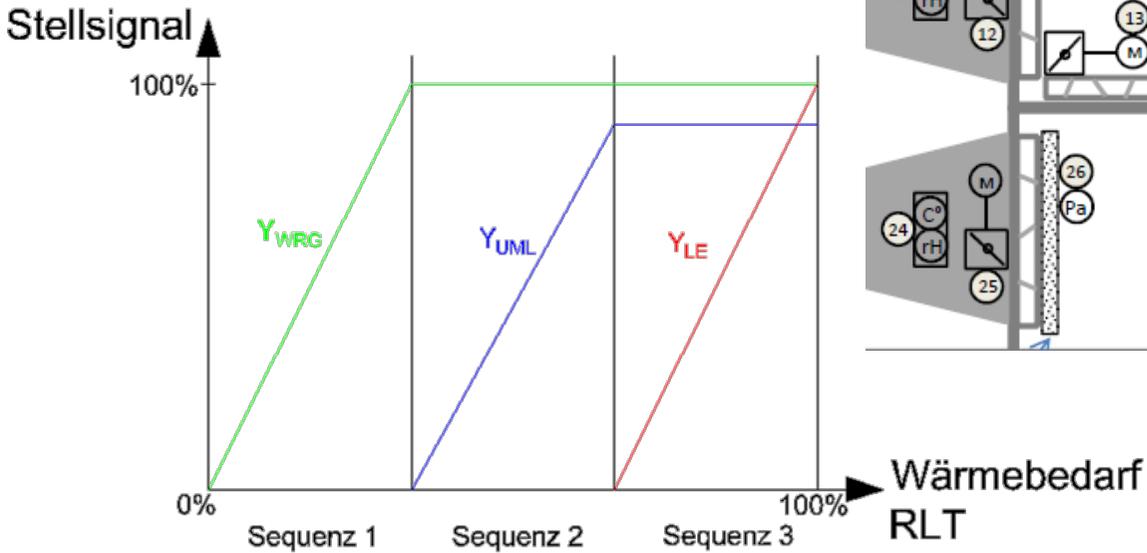
### Algorithmen

- Für einzelne Anlagenzustände und Regelsequenzen
- Signal- und Regelbasiert
- Nutzung von Messgrößen die zur Anlagenregelung notwendig sind
- Schätzen der Parameter im fehlerfreien Zustand und vergleich mit Messwerten

# 3. Der Weg zur Diagnose

## Ein einfaches Beispiel

### Algorithmen: Beispiel Heizsequenz 1 (nur WRG)



### 3. Der Weg zur Diagnose

#### Ein einfaches Beispiel

#### Algorithmen: Beispiel Heizsequenz 1 (nur WRG) mögliche Regeln

- WRG aus:

$$\vartheta_{EAU,WRG} \cong \vartheta_{AAU,WRG} \rightarrow \text{keine Wärmerückgewinnung}$$

- Luft-Temperatur zu warm:

$$\vartheta_{ZUL,soll} < \vartheta_{ZUL,ist} \rightarrow \text{ZUL – Temperatur zu warm}$$

$$\vartheta_{außen} \ll \vartheta_{EAU,WRG} \rightarrow \text{UML – Klappe nicht geschlossen}$$

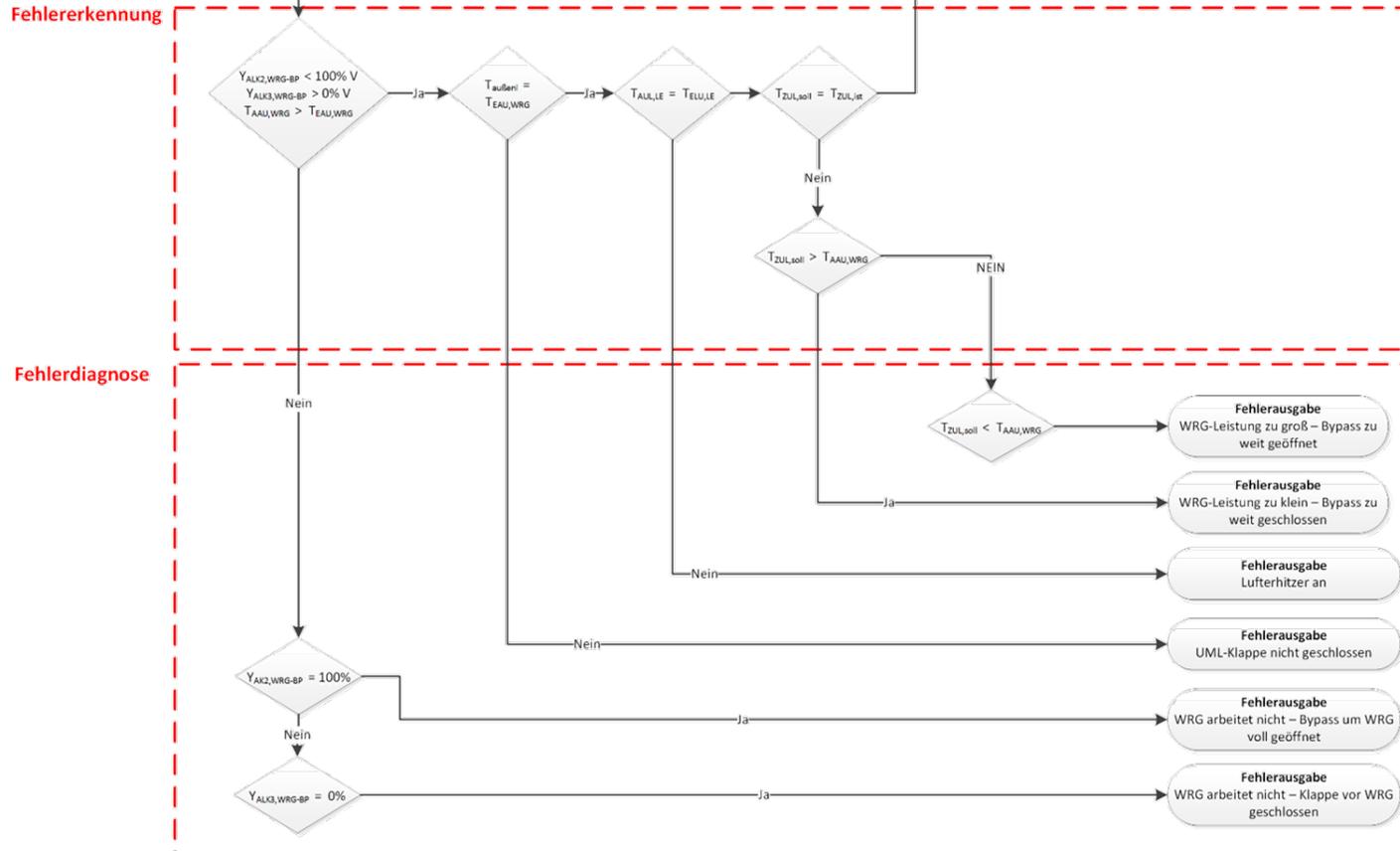
$$\vartheta_{ALU,LE} > \vartheta_{ELU,LE} \rightarrow \text{Lufterhitzer ist an}$$

$$\vartheta_{ZUL,soll} < \vartheta_{AAU,WRG} \rightarrow \text{Bypass um WRG zu weit geschlossen}$$

# 3. Der Weg zur Diagnose

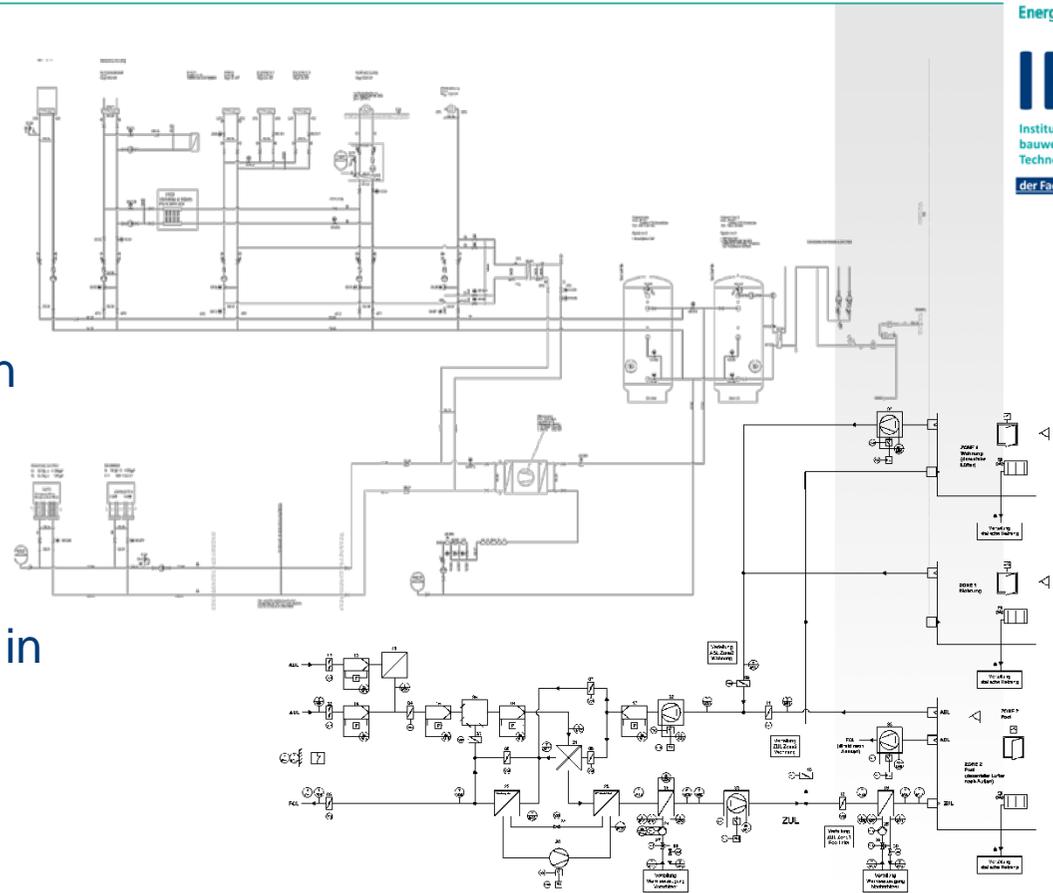
## Ein einfaches Beispiel

### Algorithmen: PAP der Heizsequenz 1 (nur WRG)



### 3. Der Weg zur Diagnose

- In Versuchsanlagen werden Fehler implementiert und aufgezeichnet
- Testen der Algorithmen im IBIT
- Implementieren von funktionierenden Algorithmen in die MSR-Technik der Versuchsanlagen
- Weitere Validierung der Algorithmen in der Versuchsanlage



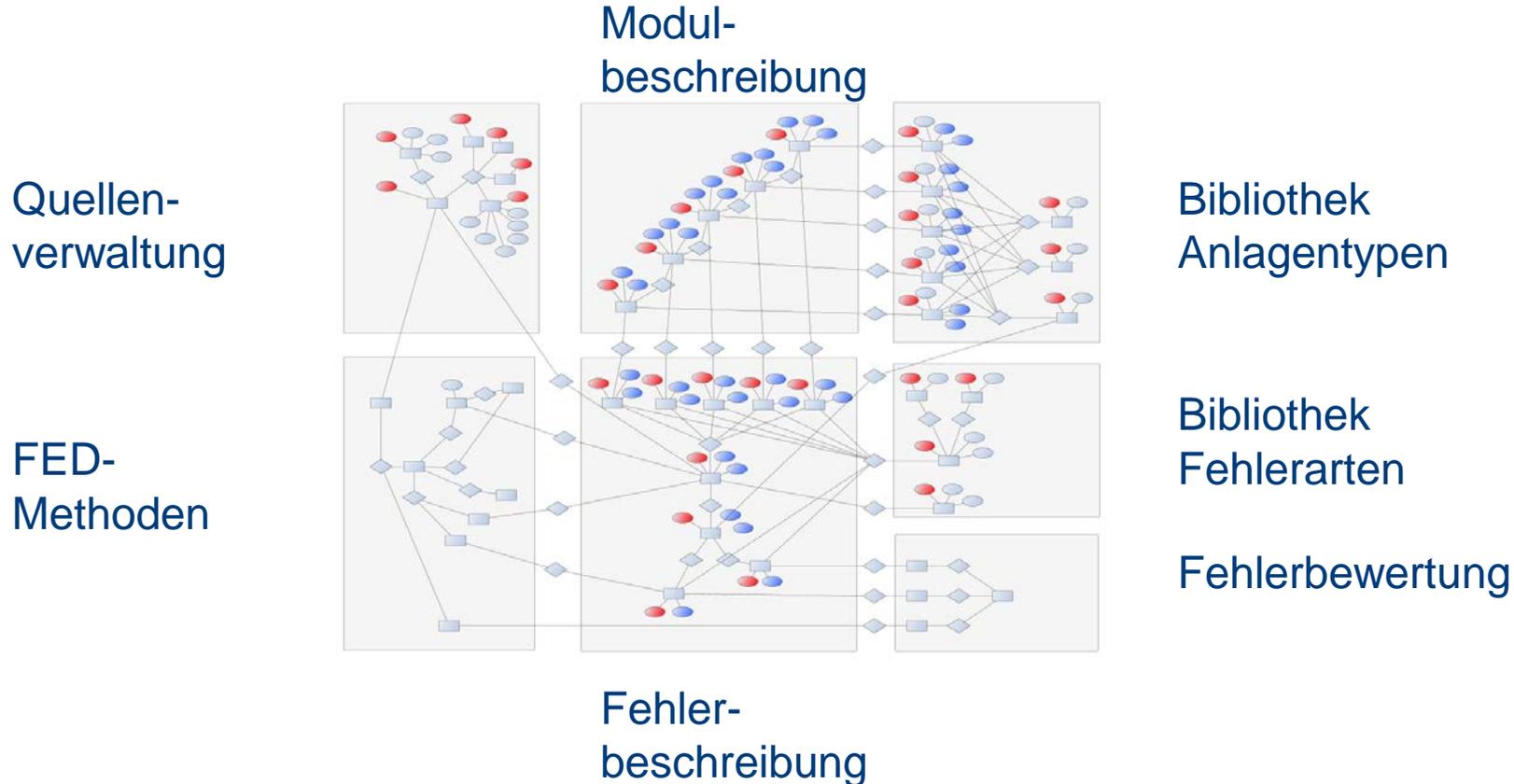
### 3. Der Weg zur Diagnose

#### Dokumentation der Ergebnisse in einer Datenbank

- Anlegen von Anlagen mit Funktionen und Betriebszuständen
- Zuordnung von Teilsystemen und Komponenten
- Aufzeigen von möglichen Fehlern und deren Ursache(n)
- Darstellung von Erkennungs- und Diagnosemethoden

### 3. Der Weg zur Diagnose

#### Dokumentation der Ergebnisse in einer Datenbank



- [1] **PLESSER, Steffen ; FISCH, M. Norbert (2010): Gebäude energieeffizient betreiben. Karlsruhe, S. 4**
- [2] **JAGPAL, Rajinder (2006): Technical Synthesis Report Annex 34: Computer Aided Evaluation of HVAC System Performance. Birmingham, S. 1**
- [3] **ROTH, Kurt W. ; WESTPHALEN, Detlef ; FENG, Michael Y. ; LLANA, Patricia ; QUARTARARO, Louis (2005): Energy Impact of Commercial Building Controls and Performance Diagnostics: Market Characterization, Energy Impact of Building Faults and Energy Savings Potential. Springfield, S.121**
- [4] **FISCH, M. Norbert (2016): Monitoring für Bundesbauten - Abschlussbericht. Braunschweig, Tabelle 2**
- [5] **EMN Energiemanufaktur Nord (2019): Wirtschaftliches Heizen - Handbuch zum Ermitteln von Einsparpotenzialen in Heizungsanlagen. Hamburg, S.10**