# Expertensystem zur Energie- und $CO_2$-Einsparung – $EXECO_2$“

**Dr. Jörg Arold**

**14. September 2023**

**Forschungsprojekt gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)**
**Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-09.46**

## KAPITEL 1

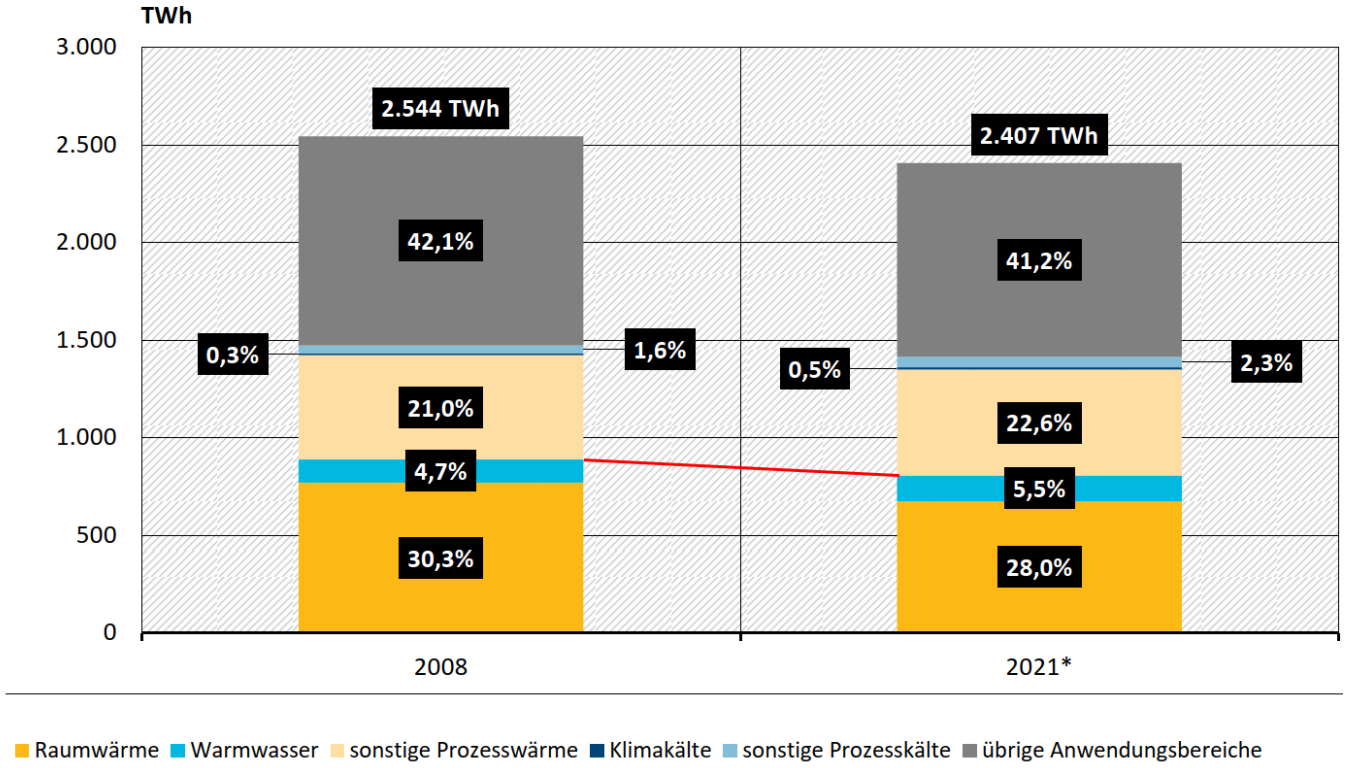
# Einführung

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Anteil Wärme am Energieverbrauch

**Anteil des Wärmeverbrauchs[1] am Endenergieverbrauch 2008 und 2021**




[1] inkl. Kälteanwendungen
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Projekt „CAMPUS“ - Hintergrund

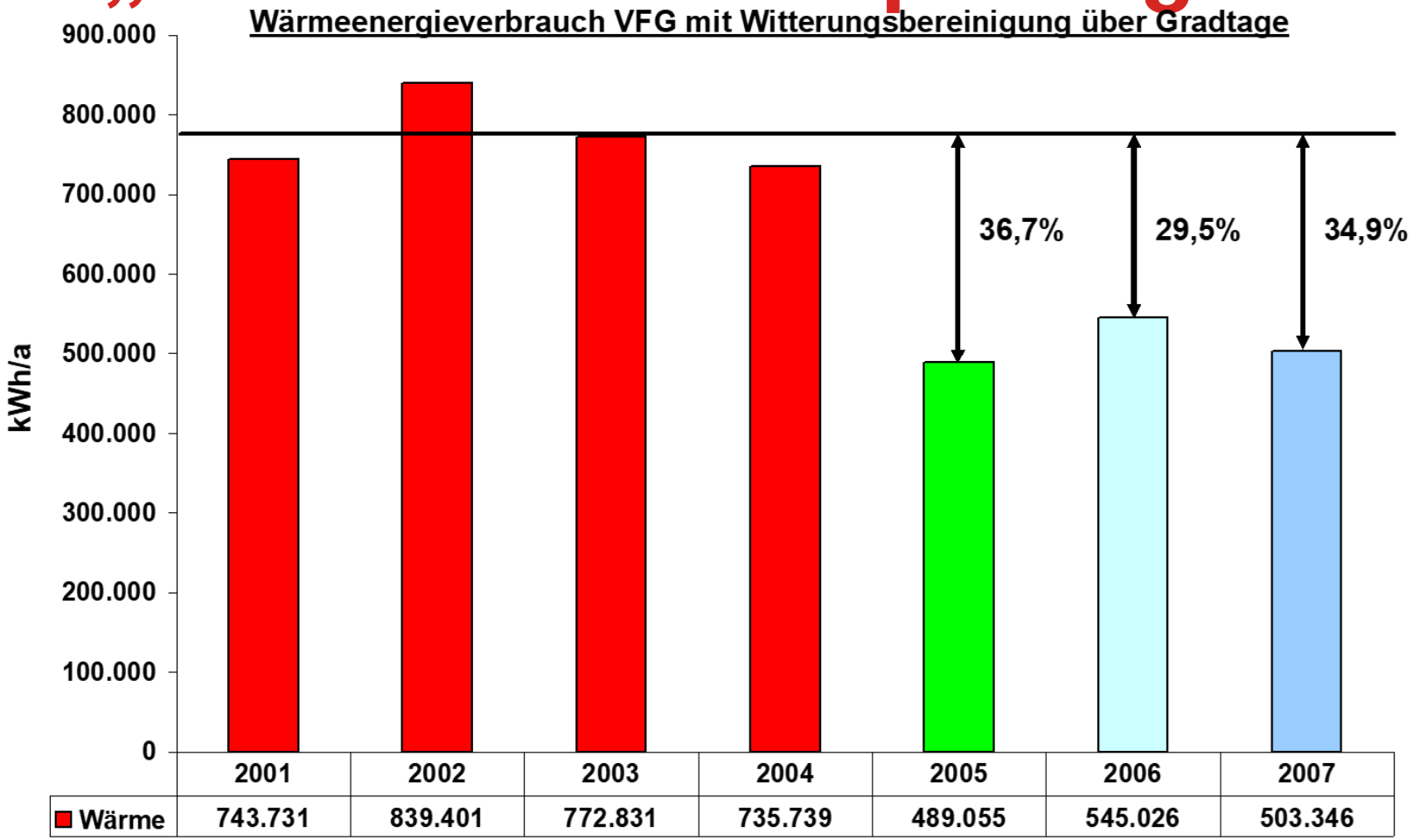
**Hintergrund und Ziele**

- Einführung eines Energiemanagementsystems zur automatischen Erfassung und Auswertung von Verbrauchsdaten an der Uni Stuttgart.
- Ermitteln des Energiebedarfs, um daraus Maßnahmen für einen optimierten Anlagenbetrieb abzuleiten.
- Erarbeiten möglicher Konsequenzen für den Betrieb des Heizkraftwerks an der Universität Stuttgart.
- Zusammenarbeit von IGE, Dezernat VI - Technik und Bauten, Heizkraftwerk Pfaffenwald (alle Uni Stuttgart) und Ennovatis (Ausgründung der Uni Stuttgart).

Quelle: Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.: CAMPUS: Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung, Schlussbericht, LHR 01-05, Stuttgart 2005, gefördert durch das Zentrum für Energieforschung Stuttgart (ZfES)

© STRABAG/ZÜBLIN

# Projekt „CAMPUS“ - Einsparung




Quelle: Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.: CAMPUS: Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung, Schlussbericht, LHR 01-05, Stuttgart 2005, gefördert durch das Zentrum für Energieforschung Stuttgart (ZfES)

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Zwischenfazit und Handlungsbedarf

- Großes Einsparpotential durch Vermeidung von Energieverschwendung (Betriebsoptimierung). Diesem wird nach wie vor wenig Beachtung geschenkt.
- Einsparpotentiale der Betriebsoptimierung sind mit (relativ) kleinen Investitionen und in (relativ) kurzer Zeit zu erschließen.
- Die bestehenden Arbeiten sind meist „Ingenieursarbeit“ und auf das untersuchte Gebäude fixiert.
- Viel Sachverstand zum auffinden der Potenziale notwendig, daher fehlt eine wissenschaftliche, übertragbare Systematik zum identifizieren und erschließen von Einsparpotentialen.
- Es sollen konkretere Handlungsanleitungen gegeben werden als in der bestehenden Normung zur Inspektion.

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

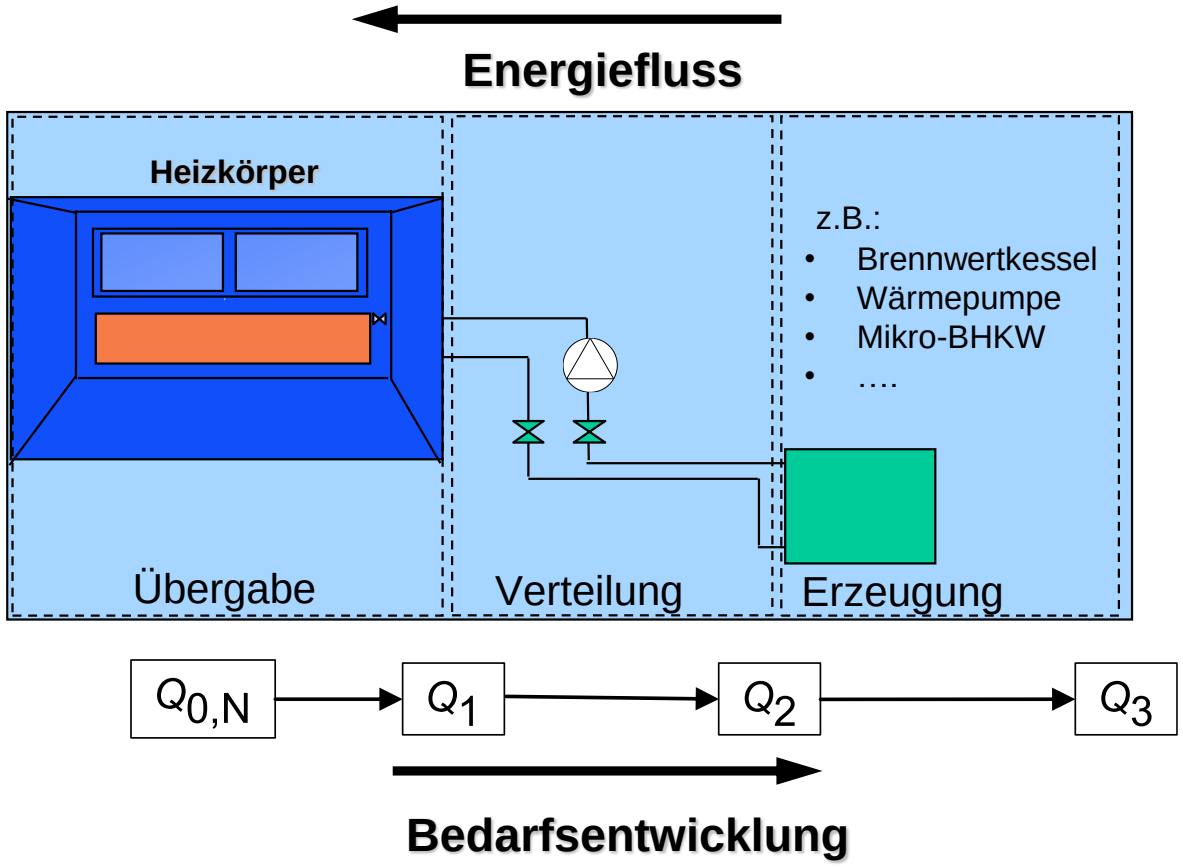
## KAPITEL 2

# Vorstellung Expertensystem EXECO$_2$

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ - Methode




Quelle: VDI 2067 Blatt 1:2000-9 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Grundlagen und Kostenberechnung

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ - Gliederung

**Gliederung**

- Gebäude (insbesondere Nutzung) als Ausgangsbasis für die einzelnen Gewerke

Je nach technischer Ausstattung:

- Heizung
- Beleuchtung
- Lüftungsanlagen
- Klimaanlagen

Die einzelnen Gewerke sind so weit wie möglich gemäß Bedarfsentwicklungsmethode gegliedert in:

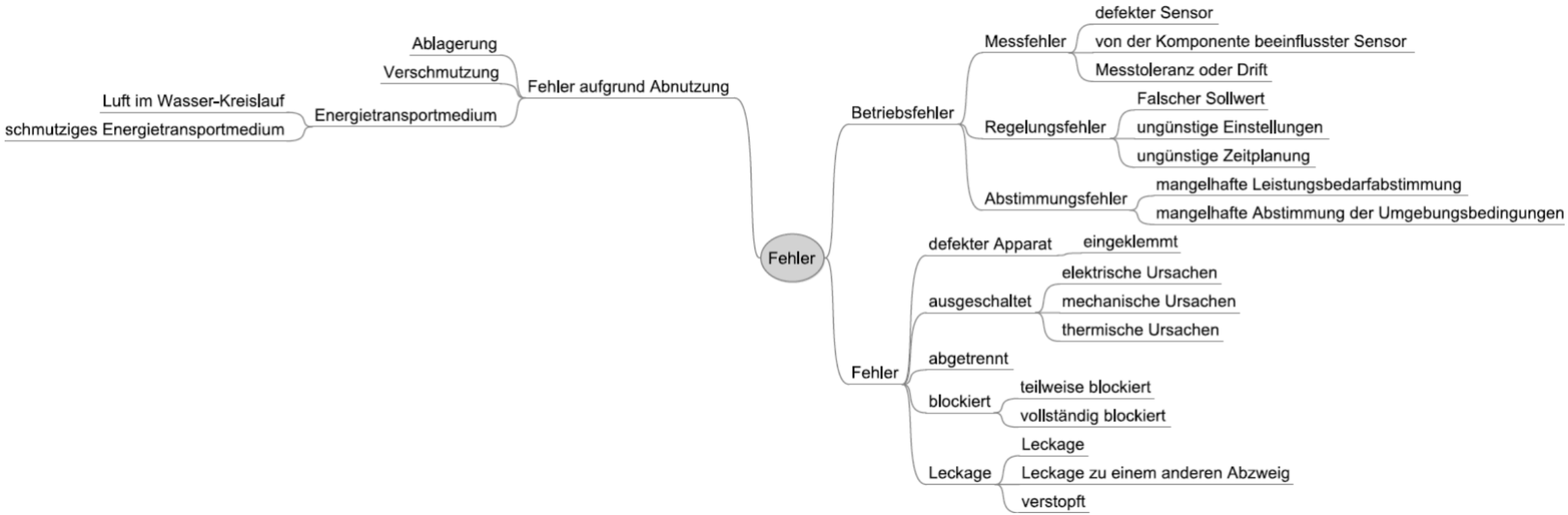
- Nutzenübergabe
- Verteilung
- Erzeugung/Speicherung

Quelle: Schmidt, M.; Arold, J.: Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2 , gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR), Zukunft Bau, AZ.: 10.08.18.7-09.46, Schlussbericht, IGE 15-11, Stuttgart 2011

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Systematik möglicher Fehler

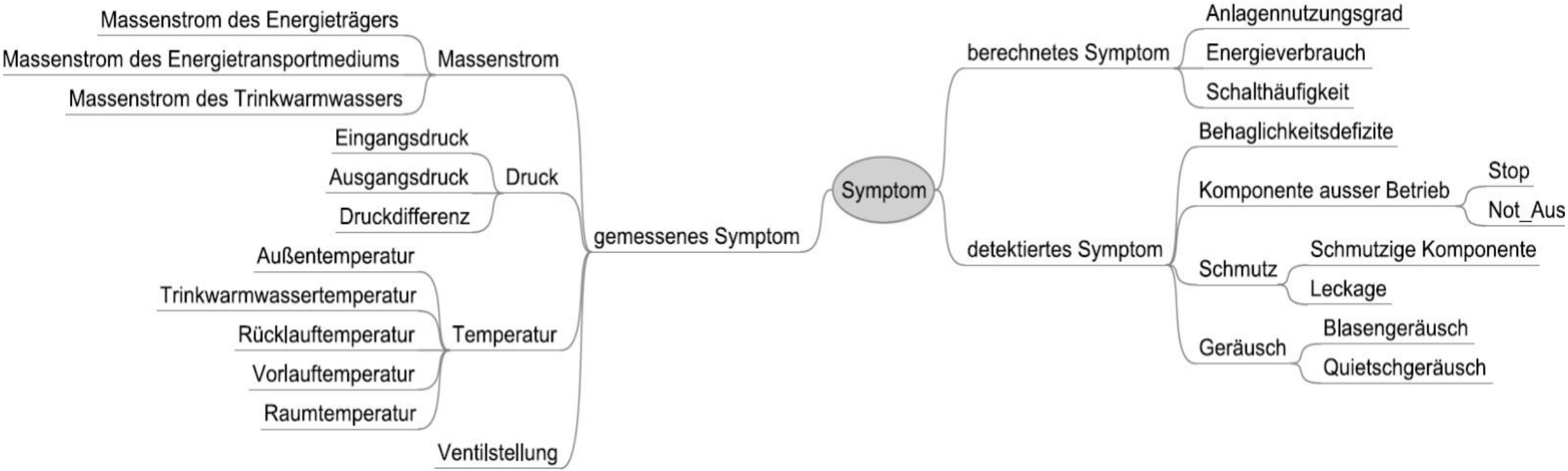



Quelle: *Bach, Heinz; Baer, Klaus; Bauer, Michael; Grob, Robert F., Madjid Madjidi:* Entwicklung eines Systems zur Erkennung und Diagnose von Fehlern beim Betrieb von HLK-Anlagen. Schlussbericht, Universität Stuttgart Institut für Kernenergetik und Energiesysteme, Dezember 1997

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Symptome für mögliche Fehler




Quelle: *Bach, Heinz; Baer, Klaus; Bauer, Michael; Grob, Robert F., Madjid Madjidi:* Entwicklung eines Systems zur Erkennung und Diagnose von Fehlern beim Betrieb von HLK-Anlagen. Schlussbericht, Universität Stuttgart Institut für Kernenergetik und Energiesysteme, Dezember 1997

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ – Beispielcheckliste Gebäude

| | | | |
|---|---|---|---|
| | **Hinweis zu G_1 1.9 und G_1 1.10:** Diese Angaben sind für die Bewertung der Beleuchtungssteuerung relevant. | | |
| | | **Ja** | **Nein** |
| G_1 1.11 | Gibt es eine Dokumentation über die vorhandene Messwerterfassung? Welche Verbräuche werden erfasst, Zielwerte für den Verbrauch, Aufzeichnungen zum Verbrauch, Vergleich gemessener Verbrauch/Zielverbrauch. Wenn nicht vorhanden bitte ein Messprotokoll anlegen (siehe Checkliste ) | ☐ | ☐ |
| G_1 1.12 | Energiekennwert Wärme: | kWh/m²a | |
| G_1 1.13 | Energiekennwert Strom: | kWh/m²a | |
| G_1 1.14 | Wird der Energiekennwert für die Wärme gemäß VDI 3807 witterungsbereinigt? | ☐ | ☐ |
| G_1 1.15 | Gibt es auffällige Änderungen in den jährlichen Energiekennwerten? | ☐ | ☐ |
| | **Hinweis zu G_1 1.15:** Weiterführende Informationen zum Thema Verbrauchskontrolle können sie dem Kapitel A_MSR 1 im Anhang entnehmen. | | |
| G_1 1.16 | Gibt es Protokolle zu Problemen oder Nutzerbeschwerden hinsichtlich Raumtemperaturen, Luftfeuchte oder Zugerscheinungen? | ☐ | ☐ |

Quelle: Schmidt, M.; Arold, J.: Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2 , gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR), Zukunft Bau, AZ.: 10.08.18.7-09.46, Schlussbericht, IGE 15-11, Stuttgart 2011

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ – Beispielcheckliste Heizgrenze

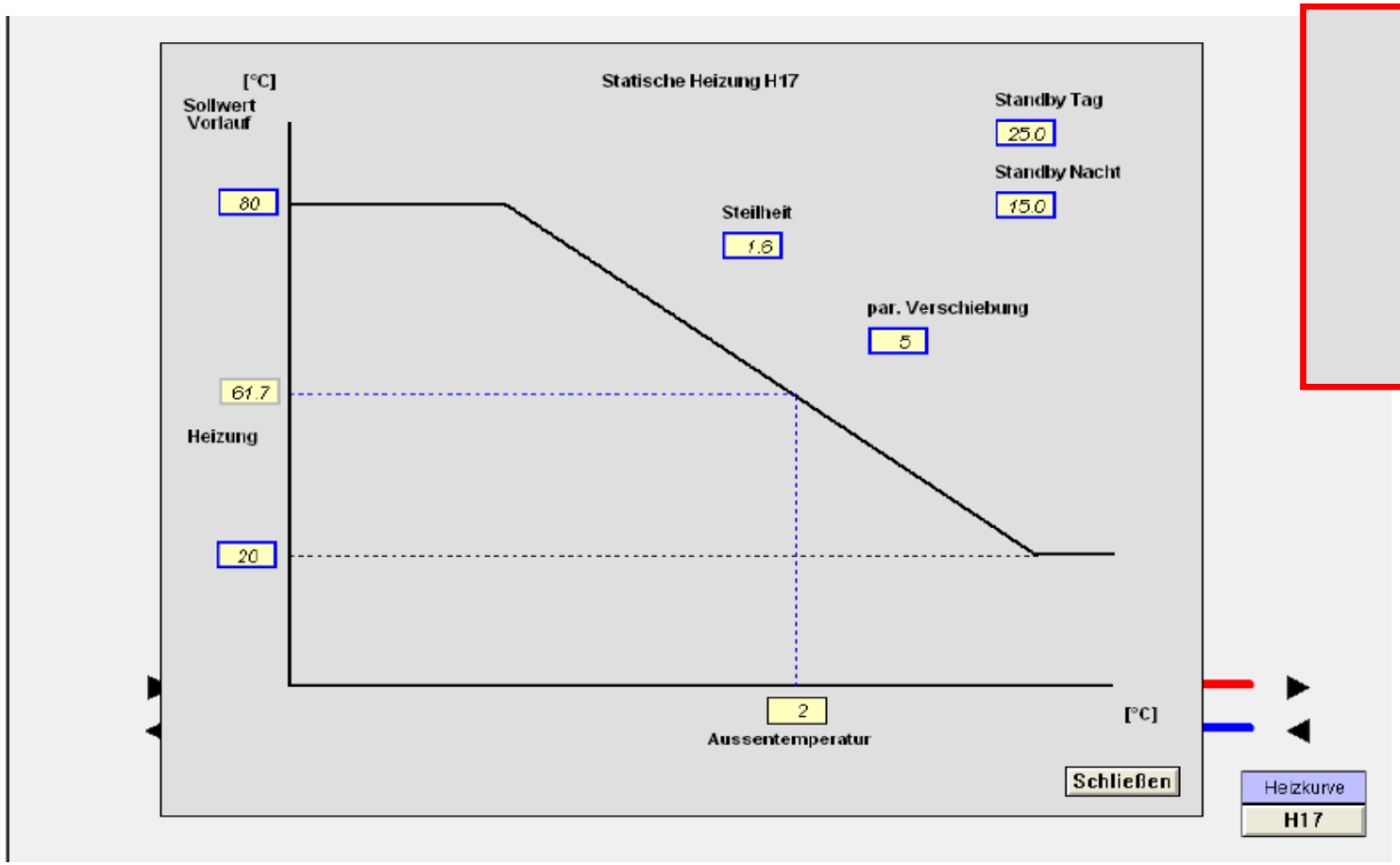
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **H_E 3** | **Heizgrenztemperatur** | | | |
| H_E 3.1 | Heizgrenztemperatur | | °C | |
| | | | **Ja** | **Nein** |
| H_E 3.2 | Liegt die Heizgrenztemperatur über den empfohlenen SOLL - Werten von 12 – 15 °C? | | | |
| | **Hinweis:** Liegt der eingestellte Wert über dem SOLL-Wert, sollte eine Anpassung geprüft werden | | | |
| H_E 3.3 | Wird die momentane Außenlufttemperatur als Vergleichswert genutzt? | | | |
| | **Hinweis:** Die HGT sollte mit einem Mittelwert der Außenlufttemperatur verglichen werden, da diese repräsentativer als der Momentan-Wert ist. Wird der Momentan – wert genutzt, kann es passieren, das die Heizung in der Übergangszeit häufig Ein- und Ausschaltet obwohl kein Heizbedarf besteht. | | | |
| | **Hinweis:** Sollte für die Übergangszeit eine höhere HGT nötig sein um die Solltemperaturen einzuhalten, sollte die HGT in den Sommermonaten reduziert, oder die Anlage abgeschaltet werden. | | | |
| | **Hinweis wenn H_E ja:**<br>Auch eine Änderung der Gebäudehülle kann einen Einfluss auf die optimale Heizgrenztemperatur haben. Bei einem verbesserten Wärmeschutz reduziert sich die HGT, da ein Großteil der Heizlast durch die Nutzung und Solarstrahlung gedeckt wird. | | | |

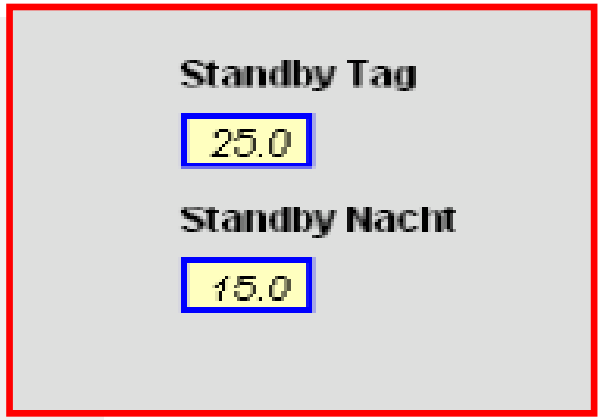
Quelle: Schmidt, M.; Arold, J.: Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2 , gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR), Zukunft Bau, AZ.: 10.08.18.7-09.46, Schlussbericht, IGE 15-11, Stuttgart 2011

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ – Beispiele für Maßnahmen (1)




Quelle: Schmidt, M.; Arold, J.: Untersuchung zur Erschließung niedrig investiver Energieeinsparpotenziale in Bundesministerien, gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR), Zukunft Bau, AZ.: 10.08.17.7-08.41

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ – Beispiele für Maßnahmen (2)

## Maßnahmen aus $EXECO_2$ und CAMPUS

- Anpassen der Heizzeiten
- Reduzieren der Betriebszeiten einzelner RLT-Anlage
- Hohe Betriebszeiten der Kältemaschinen in der kalten Jahreszeit, Optimierung der Regelung der RLT-Anlage
- Reduzieren von Sollwerten für die Befeuchtung
- Umstellen der HGT von Absoluttemperatur auf 24h Mittel

Quelle: Schmidt, M.; Arold, J.: Untersuchung zur Erschließung niedrig investiver Energieeinsparpotenziale in Bundesministerien, gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR), Zukunft Bau, AZ.: 10.08.17.7-08.41

© STRABAG/ZÜBLIN

# $EXECO_2$ – Beispiele für Maßnahmen (3)

## Maßnahmen aus $EXECO_2$ und CAMPUS

- Abschalten der RLT-Geräte in unbenutzten Bereichen
- Reduktion von Luftmengen in RLT-Anlagen
- Austausch defekter Thermostatventile (THV)
- Fixieren des Raumtemperatursollwerts am THV (auf 3 oder Frostschutz)
- Optimierung der Heizungsregelung
- Prüfen Zulufttemperaturen

Quelle: Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.: CAMPUS: Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung, Schlussbericht, LHR 01-05, Stuttgart 2005, gefördert durch das Zentrum für Energieforschung Stuttgart (ZfES)

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# $EXECO_2$ - Vorgehensweise

## Neubau

Inbetriebnahmemanagement (**commissioning management**)

↓

Anpassen des Expertensystems an das konkrete Gebäude.

↓

Kontinuierliche Inbetriebnahme **(continuous commissioning)** mit Hilfe des angepassten Expertensystems.

## Altbau

Revisions-unterlagen vorhanden und Betriebsparameter bekannt?

ja → Anpassen des Expertensystems an das konkrete Gebäude

↓

Kontinuierliche Inbetriebnahme **(continuous commissioning)** mit Hilfe des angepassten Expertensystems

nein → Wiederinbetriebnahme des Gebäudes **(recommissioning)** → Anpassen des Expertensystems an das konkrete Gebäude

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

## KAPITEL 3

# Zusammenfassung und Ausblick

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Zusammenfassung

- Allgemein gültige Handlungsanweisung aufgrund der Individualität von Gebäuden schwer umsetzbar, daher meist Anpassung an das konkrete Gebäude nötig, am besten bereits im Rahmen der Inbetriebnahme.

- Die Checklisten dienen als Hilfestellung zum identifizieren von niedriginvestiven Maßnahme zur Energieeinsparung/Betriebsoptimierung und für wirtschaftlichen (Anlagen-) Sanierungsmaßnahmen.

- Automatisierte Datenauswertung mit Künstlicher Intelligenz (KI) kann mittel- bis langfristig Fehler zuverlässig detektieren, auf Nutzungsänderungen etc. kann jedoch schneller durch Anwendung des Expertensystem reagiert werden.

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Bezugsquellen Expertensystem

- https://www.zukunftbau.de/projekte/forschungsfoerderung/1008187-0946

- https://www.irbnet.de/daten/rswb/13019015543.pdf

© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Ausblick auf laufendes Forschungsprojekt

**BIMpact** - Entwicklung einer stabilen und sicheren IoT-basierten Gebäudeautomation unter Verwendung von KI-Metadatenanalyse und mehrsichtigen BIM-Modellen*

## Projektpartner:

- Ed. Züblin AG, Stuttgart
- Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung IGTE Universität Stuttgart
- Aedifion, Köln
- Smartmakers GmbH, Karlsruhe

## Projektziele:

- Entwickeln einer durchgängigen und prozessorientierten Arbeitsweise, mit der Kombination von IoT-Sensorik und BIM um den gesamten Lebenszyklus und Energieeffizienz eines Gebäudes zu optimieren.
- Einsatz von kollaborativen web- und cloudbasierten Plattformen und das Arbeiten mit künstlicher Intelligenz für die Erfassung, Haltung und Verarbeitung großer Datenvolumen (Big Data) verwendet.
- Modellbasiertes ableiten des auf europäischer Ebene vorgeschlagenen Smart Readiness Indicator (SRI) mit Hilfe des im Projekt entwickelten Anlagenkennzeichnungssystem (AKS).

*FKZ: 03EN1043 A, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
© STRABAG/ZÜBLIN

ZÜBLIN STRABAG
WORK ON PROGRESS

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Kontakt**

Dr. Jörg Arold
Ed. Züblin AG, Zentrale Technik TGA
E-Mail: joerg.arold@zueblin.de
Tel. +49 711 7883-7942
Mobil +49 151 72036423