

Beschreibung

EVFEG

Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

Inhaltsverzeichnis:

- A) Abkürzungen
- B) Ausgangssituation
 - 01. Gebäude-Automation (GA)
 - 02. Funktionsweise der GA
 - 03. Bisherige Situation der GA
- C) Lösung:
 - 01. Ansatz
 - 02. Hardware
 - 03. Programme
 - 04. Einbettung in intelligente Netze (IN)
 - 05. Eingabe-Daten
 - 06. Wirkungsweise
- D) Anlagen

A) Abkürzungen:

BACnet	Building Automation and Control Network
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DFÜ	Datenfernübertragung
EIB/KNX	Europäischer Installationsbus
EVFEG	Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation
EVU	Elektroversorgungsunternehmen
FPGA	Field Programmable Gate Array (programmierbarer logischer Schaltkreis)
FM	Facility Management
GA	Gebäude-Automation
IGM	Informations- und Gebäudemanagement
IN	Intelligente Netze
Internet	öffentliches Rechner-Netz
Intranet	nicht öffentliches Rechner-Netz
IT	Informationstechnologie
LAN	Local Area Network
LON	Local Operating Network
PV	Photovoltaik
TABS	thermisch aktivierbare Bauteilsysteme
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TK	Telekommunikation
WLAN	Wireless Local Area Network
ZRZ	Zentrales Rechenzentrum

B) Ausgangssituation:

In Deutschland entfällt mehr als ein Drittel des Primärenergie-Verbrauchs auf den Gebäudebereich. Der Anspruch an einen sparsamen Umgang mit Energie bei Gebäuden erhöht sich stetig, weil Energie immer teurer wird und der CO₂-Ausstoß in breitem politischen Konsens reduziert werden soll.

In den Fokus aktueller Bemühungen muss damit zwangsläufig geraten, speziell kostspielige Wärme und Kühle immer dosierter zum Einsatz zu bringen.

Mögliche Stellschrauben (in der Mehrzahl bereits Stand der Technik) sind

- Ganzheitliche Planung
- Wirkungsvollere Bauphysik
- Optimierte Dämmung der Gebäudehülle
- Einsatz von modernen Material-Lösungen und Werkstoff-Wissen
- Einsatz von energiesparenden Technologien
- Erzeugung Energie vor Ort
- Optimierte technische Gebäudeausrüstung (TGA)
- digitale Gebäude-Automation (GA)
- Gewerke übergreifendes Informations- und Gebäudemanagement (IGM)

Der vorliegende Beitrag zur Verbesserung bezieht sich im Wesentlichen auf die beiden letzt genannten Themenkreise GA und IGM.

Beschreibung

EVFEG

Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

01. Gebäude-Automation (GA)

- Unter diesem Begriff fassen wir im Folgenden innerhalb des technischen Facility Managements (FM) alle Überwachungs-, Steuer-, Regel- und Optimierungs-Einrichtungen in Gebäuden zusammen.
- Dabei ist es Ziel der GA, Funktionsabläufe Gewerke übergreifend selbstständig und automatisch, nach vorgegebenen Einstellwerten (Parametern) durchzuführen oder deren Bedienung bzw. Überwachung zu vereinfachen.
- Steuerungseinheiten werden dezentral angeordnet
- Alle Sensoren, Aktoren, Bedienelemente, Verbraucher und andere technische Einheiten im Gebäude werden miteinander durchgängig z.B. mittels Bussysteme vernetzt.

02. Funktionsweise der GA

Anhand eines Regelkreises kann die Funktionsweise der GA grob dargestellt werden:

- Aktuelle physikalische Daten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, etc.) werden ständig gemessen
- Diese werden laufend mit bestimmten vorgegebenen Soll-Werten / -Verläufen, die meistens auf empirischer Basis ermittelt wurden, verglichen
- Dann wird in Abhängigkeit der festgestellten Abweichungen eine entsprechende Regelung bekannter Prozesse der betroffenen TGA-Komponenten, wie z.B. Heizung und Lüftung, eingeleitet.

03. Bisherige Situation der GA

Bisher haben moderne digitale GA und **Informations- und Gebäudemanagement** bereits einen großen Beitrag zur Energieeffizienz geleistet, der in Zukunft mit Bestimmtheit noch vergrößert werden kann.

Im Wesentlichen konzentrieren sich dabei die Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz auf

- Energie-Sparen und Energie-Management
- Optimierung der Anlagentechnik
- Verbesserung der Informations- und digitalen Automatisierungstechnik

Der vorgestellten technischen Lösung liegt zugrunde, dass in der aktuell gängigen Praxis der GA bisher einige Themen, die im Wesentlichen mit der bautechnischen Komplexität des Gebäude zusammenhängen, nicht gebührend berücksichtigt werden,

- die zu einer weiteren Optimierung der Energie-Effizienz eines Gebäudes führen und
- die Möglichkeit bieten, „weiche“ Anforderungen der Eigentümer / Nutzer, die nicht identisch mit physikalischen Größen sind (z.B. Behaglichkeit, Gesundheit, etc.), messbar zu erfüllen.

Mit der elektronischen Vorrichtung **EVFEG** wird dieses Problem gelöst.

C) Lösung:

01. Ansatz

Mit der Erfindung **EVFEG** wird erreicht, dass während des Betriebs eines Gebäudes aktuell erfasste physikalische Daten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, etc.), die bisher als Input für die GA dienten, automatisch nach bestimmten Vorgaben aufbereitet (gefiltert bzw. verstärkt) werden, bevor diese als Soll-Größen an die Steuerung der GA übergeben werden (vgl. Anlage 06).

Beschreibung

EVFEG Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

Diese bestimmten Vorgaben werden definiert mittels

- **dynamischer Simulationen** ganzer Gebäude oder Raum- / Nutzungsgruppen
- entsprechender Auswertungen und
- Optimierungsprogrammen

Die **EVFEG** kann somit als Werkzeug für eine dynamische simulationsgestützte Anlagenführung im Zusammenspiel mit einer digitalen GA und gegebenenfalls eines Informations- und Gebäudemanagements dienen.

Es ist nun erstmals möglich, Vorgaben aus den folgenden Themenkreisen bei der Steuerung der GA gebührend zu berücksichtigen:

- realistische Abbildung des dynamischen Bauwerk-Verhaltens als Wärmespeicher (zeitverzögerte Gebäude-Reaktionen auf seine Einwirkungen; Stichwort: Phasenverschiebung)
- realistische Nachbildung des gekoppelten Wärme- und Feuchte-Transports (genaue Angaben zum Energieverhalten von Konstruktionen, Räumen und Gebäuden; Präzise Aussagen zur Behaglichkeitsempfinden von Personen in Räumen; frühzeitiges Erkennen von kritischen Situationen (z.B. Tauwasser) und sofortiges Einleiten von Maßnahmen (z.B. Veränderung der Lüftung / Trocknung)
- Erfüllung von durch den Eigentümer / Nutzer vorgegebenen Soll-Anforderungen (inkl. weicher Anforderungen z.B. bzgl. Behaglichkeit und Gesundheit)
 - in bestimmten Räumen eines Gebäudes
 - zu bestimmten Tageszeiten über die Zeitschiene,

Mit der **EVFEG** ist es möglich, z.B.

- den zu erwartenden Energiebedarf (Heizung, Kühlung) und erf. Belüftungsmengen zu berechnen, d.h. zu bestimmen, wann, wo und wie im Gebäude es erforderlich ist
 - Temperaturen zu senken oder zu erhöhen
 - zu lüften (Fenster) / belüften (kontrollierte Zufuhr)
- Auswertungen mittels der **EVFEG** vorzunehmen und „weiche“ Soll-Vorgaben zu erfüllen in Richtung
 - Behaglichkeit (beliebig definierbar)
 - Gesundheit (beliebig definierbar)
 - Tauwasseranfall zu verhindern
 - Schimmelpilz zu vermeiden
 - etc.
- die GA vorausschauend auf die Wetterbedingungen der nächsten Tage einzustellen
- vorausschauend nächtliche freie Kühlung zu nutzen, die für den Raumkomfort der nächsten Tage erforderlich ist
- den Energie-Verbrauch zu reduzieren
- Energie-Kosten zu reduzieren
- den CO₂-Ausstoß zu reduzieren
- Überhitzungen im Sommer zu vermeiden
- notwendige Vorgaben für thermisch aktivierbare Bauteilsysteme (TABS) zu machen, diese so zu beladen bzw. zu entladen, dass sie mit minimaler Energiezufuhr bei moderaten Betriebstemperaturen auskommen

Beschreibung

EVFEG Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

02. Hardware

Bei der **EVFEG** handelt es sich um ein elektronisches Gerät mit eingebauter Intelligenz, das ein neuer Bestandteil der digitalen GA wird.

In Abhängigkeit seines möglichen Einsatzes

- in Verbindung mit einem zentralen Rechenzentrum (ZRZ), an dem zahlreiche in verschiedenen Gebäuden (an unterschiedlichen geografischen Standorten) installierte **EVFEG_i** angeschlossen sind oder
- dezentral: autarkes Gerät in einem Gebäude,

ist die jeweilige **EVFEG** mit unterschiedlichen Modulen ausgestattet (vgl. Anlage 02 und 05).

Wesentliche Bestandteile einer EVFEG sind (vgl. Anlage 04):

- ein fest verdrahtetes Gebäude-Gedächtnis (statische Daten)
- mehrere Input-Teile für die jeweiligen dynamischen Daten
- dynamische Gebäude-Simulation (Wärme / Feuchte gekoppelt)
- Modul für die Auswertung der Berechnungsergebnisse der instationären Gebäude-Simulation
- Modul für die Berechnung und Optimierung der Energie-Kosten
- Modul für die Verbindung der **EVFEG** zur Steuereinheit der GA
- Modul für die Visualisierung aller gewünschten Daten (inkl. TGA-Anlagen-Schema) für Aufgaben des Monitoring
- Kommunikationsmodul

Ausstattungsöglichkeiten der **EVFEG**, in Abhängigkeit ihres Einsatzes:

- Dezentral:
 - Voll ausgerüstetes Gerät vor Ort, das sich in lokale Netze einbinden lässt
 - Fernabfrage möglich (mit der Möglichkeit, auf Monitoring zurückzugreifen)
- Anbindung an ein zentrales Rechenzentrum (ZRZ):
 - Abgespecktes Gerät (es sind nicht mehr alle Module erforderlich)
 - In das Gerät sind alle standort-spezifischen Daten einmal eingelesen worden und damit immer abrufbar.
 - Alle dynamischen Daten werden vor Ort ständig aufgenommen und sofort an das ZRZ zur Bearbeitung weitergeleitet.
 - Die dynamischen Gebäude-Simulationen werden im ZRZ erstellt.
 - Wahlweise können noch weitere Aufgaben, die eine **EVFEG** auch dezentral übernehmen kann, an das ZRZ abgegeben werden.
 - Per Datenfernübertragung (DFÜ) werden von der ZRZ die Soll-Daten für die Steuerung der entsprechenden TGA-Komponenten an die lokalen **EVFEG_i** weitergeleitet, die wiederum die Daten an die örtliche GA weitergeben.
 - Fernabfrage möglich ((mit der Möglichkeit, auf Monitoring zurückzugreifen)

Beschreibung

EVFEG Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

03. Programme

Die Intelligenz erhält die **EVFEG** durch fest installierte elektronische Programme (z. B. auf FPGAs).

Neben diversen Programmen für das Einlesen von Daten und Optimierungsprogrammen ist das Kernstück der EVFEG eine dynamische Gebäude-Simulation, mit der gekoppelte Wärme- / Feuchte-Transporte in Sekundenschnelle gerechnet werden können.

Die **EVFEG** ist als intelligente Steuerzentrale vor Ort mit einem zentralen Rechner verbunden, auf dem ständig instationär Wärme- und Feuchte-Simulationen des kompletten Gebäudes und seiner Konstruktionen unter Berücksichtigung aller relevanten Randbedingungen (dynamische Klimadaten, Wärme-/Feuchtequellen und Nutzerprofile) durchgeführt werden können.

Bei der eingesetzten Software **dyAna**[®] handelt es sich um eine Eigenentwicklung, die auf einem streng analytischen Ansatz basiert, deshalb sehr stabil und vor allen Dingen sehr schnell ist.

Die **EVFEG** kann auch selbst mit einem Bauteil ausgestattet sein, auf dem die Software **dyAna**[®] läuft.

Weitere Details zur Software **dyAna**[®] finden sich auf der WebSite www.dyAna.de.

Der gekoppelte Wärme- / Feuchte-Haushalt eines Gebäudes (Außenhülle, innerhalb von Konstruktionen, Innen-Räume) kann aufgrund der dynamischen Eigenschaften des Gebäudes in seiner klimatischen Umgebung, stets im zeitlichen Vorlauf (prädiktiv) berechnet werden; wenn gewollt für jeden gewünschten und für die Gebäude-Automation relevanten Zeitschritt, z.B. für jede Stunde eines Jahres, was sehr wichtig ist, damit die **EVFEG** in den notwendigen Zeitschritten der Steuereinheit der GA die notwendigen Eingabe-Daten (Einstell-Werte) für die entsprechenden Steuerungsprozesse übergeben kann.

Ein Visualisierungstool für die installierten TGA-Komponenten inkl. einer Schema-Abbildung der TGA-Anlagen ist eine perfekte Ergänzung für die **EVFEG**, um z. B. aus der Ferne zu überprüfen, ob die entsprechenden TGA-Komponenten aufgrund der verfeinerten Daten, die im betrachteten Gebäude durch die **EVFEG** an die GA übergeben werden, das gewünschte Verhalten zeigen.

04. Einbettung in intelligente Netze (IN)

Die **EVFEG** ist Bestandteil intelligenter IT-Netze (LAN, WLAN, Internet, Intranet) für ferngesteuerte oder intern optimierte Gebäude und kann sich in bestehende Umgebungen integrieren (vgl. Anlage 01):

- „smart grids“ (intelligente Vernetzung)
- „smart home“ (hier: Dienste rund um ein Gebäude: Komfort, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz)
- „smart metering“ (hier: durch EVU Vorgabe eines Energie-Preises in Abh. der Uhrzeit;
Ziel des Verbrauchers: Energie-Verbrauch zu Zeiten geringster Energiekosten)

Offene Bussysteme und Kommunikationsstandards (z.B. EIB/KNX, LON, BACnet, etc.) zählen heute zur Gebäude-Standard-Infrastruktur und werden in IT-Netze eingebunden.

In intelligenten Netzen, beste Voraussetzung eines optimalen Einsatzes der **EVFEG**, können praktisch alle Geräte (IT, TK, TGA, Hausgeräte, Sensoren, Aktoren) miteinander kommunizieren und Daten (u.a. auch über ihren Energieverbrauch) übermitteln. Geräte können über entsprechende Steuerungen ein- und ausgeschaltet bzw. geregelt werden.

Weiter können Eigentümer / Nutzer über intelligente Netze (Internet, TK-Netze) aus der Ferne die **EVFEG**, die über entsprechende Kommunikationsmodule verfügt, abfragen oder deren Funktionen ändern. Vorausgesetzt wird hier, dass entsprechende Monitoring-Funktionen existieren, entweder bereits innerhalb der GA oder in der **EVFEG**.

Beschreibung

EVFEG

Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

05. Eingabe-Daten

Bei den Randbedingungen, die durch eine EVFEG berücksichtigt werden können (vgl. Anlage 02), wird unterschieden zwischen

a) den rein statischen Randbedingungen des Gebäudes, die nur einmal bzw. sporadisch bei eventuellen Änderungen eingelesen werden, wie

- Gebäude-Eigenarten:
 - Geometrie des Gebäudes
 - Geografische Position;
 - Topografie: Höhenlage und eventuelle Neigung;
 - Ausrichtung des Gebäudes nach Himmelsrichtung;
 - Einbindung in das Erdreich (Keller, Parkgeschosse): Berücksichtigung des Bodens als Wärmespeicher
 - Außen: Gebäudehülle (Dach, Außenwände, Glas-Fassaden, Fenster, etc.);
 - Innen: Wände, Decken, Böden;
 - verwendete Baumaterialien aller Bauteile;
- seiner Umgebung (Bebauung, anstehendes Erdreich)
- Verschattung (eigen / fremd)
- Technische Gebäudeausrüstung (TGA) (Heizung, Klima, Kälte, Lüftung, Licht, elektrische / elektronische Geräte, etc.) und

b) den dynamischen Randbedingungen wie

- seines jeweils aktuellen Klimas (außen / innen) / Prognose-Daten (/ Daten aus Wetter-Datenbanken)
- des Verhaltens seiner Nutzer (sich über die Zeitschiene ändernd)
- Nutzer-Anforderungen (für das Gesamtgebäude und/oder einzelne Nutzungszonen und/oder Räume)

Die relevanten physikalischen Daten des Außenklimas können z.B. mittels einer Wetterstation aufgenommen und laufend über ein Intranet/TK-Netz an die EVFEG weitergeleitet werden. Prognose-Daten des Außenklimas können aus dem Internet heruntergeladen werden.

Die Daten des Innenklimas und das Nutzer-Verhalten werden über entsprechende Sensoren im Innenbereich des Gebäudes aufgenommen und ebenfalls ständig über ein Intranet/TK-Netz an die EVFEG übergeben.

Das Verhalten der Nutzer kann über Nutzer-Profile pro Raum oder Nutzungszonen (über die Zeitschiene veränderlich) einmalig eingegeben werden.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, ständig aktuelle Zugangsdaten, wie z. B. das Betreten / Verlassen von Räumen durch bestimmte Nutzer zu erfassen (z.B. mittels RFID-Technik) und an die EVFEG zu übertragen.

Nutzer-Anforderungen wie z.B.

- Optimierung des Energie-Verbrauchs
- Optimierung der Energie-Kosten (z.B. auch unter Berücksichtigung des Konzepts „smart metering“, vgl. Anlage 06)
- Berücksichtigung eigener Strom-Erzeugung (z. B. PV, Wind, Biogas, etc.)
- Berücksichtigung eigener Wärme-Erzeugung (Solarthermie, Geothermie, Mini-BHKW, etc.)

Beschreibung

EVFEG Elektronische Vorrichtung für das automatische Feintuning der Eingabedaten einer Gebäude-Automation (GA) unter besonderer Berücksichtigung aller möglichen Randbedingungen des betreffenden Gebäudes (Bauwerks) und seiner technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

- Nacht-Absenkung der Heizung und anschließende Aufheizung mit minimaler Heizenergie
- Wochenend-Abschaltung der kompletten Heizung oder Teile der Heizung eines Gebäudes und anschließende Aufheizung mit minimaler Heizenergie
- Vermeidung von Bauschäden durch Feuchte / Tauwasser / Schimmel (z.B. im Rahmen von Denkmalschutz)
- Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes

werden über entsprechende Soll-Vorgaben (Kurven, Algorithmen) in die **EVFEG** eingelesen bzw. durch die EVFEG errechnet.

In Verbindung mit dem Konzept des Smart Metering können ständig aktuelle zeitlich abhängige Energie-Preise eines Elektroversorgungsunternehmens (EVU) an die **EVFEG** übermittelt und bei der Optimierung der Energie-Kosten berücksichtigt werden (vgl. Anlage 01).

06. Wirkungsweise

Nach einem durch den Eigentümer / Nutzer vorgegebenen Zeittakt werden instationäre Gebäude-Simulationen durchgeführt auf Basis

- aller relevanten Gebäude-Daten (fest verdrahtetes Gebäude-Gedächtnis = statische Daten)
- aller aktuell im Zeittakt erfassten dynamischer Daten

Das Nutzer-Verhalten wird berücksichtigt auf Basis von Nutzerprofilen für Räume / Nutzungszonen / Gebäude oder auf Basis zur Verfügung gestellter aktueller Zugangsdaten.

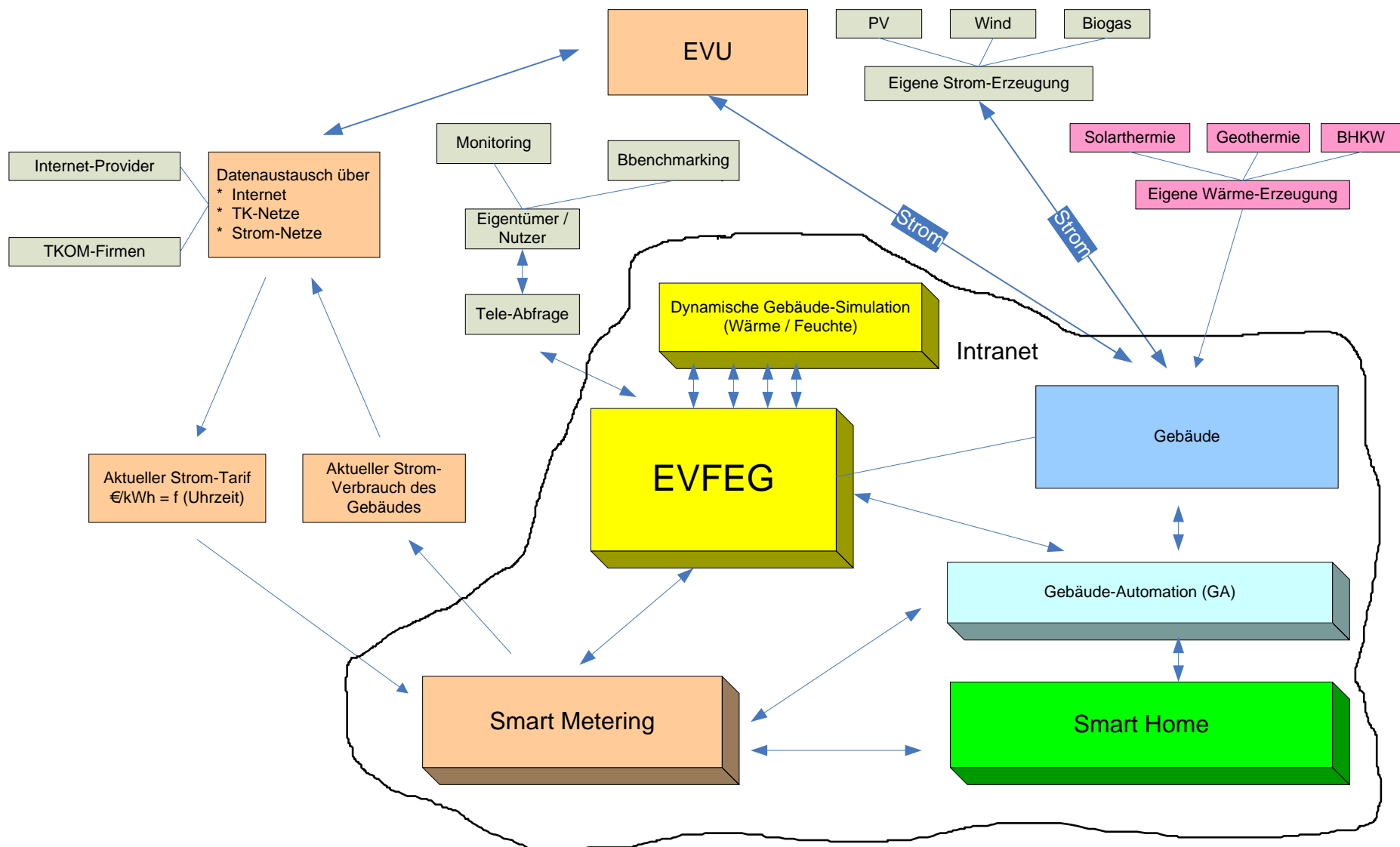
Die Ergebnisse der Gebäude-Simulation werden nach Nutzer-Anforderungen in unterschiedlichen Richtungen ausgewertet.

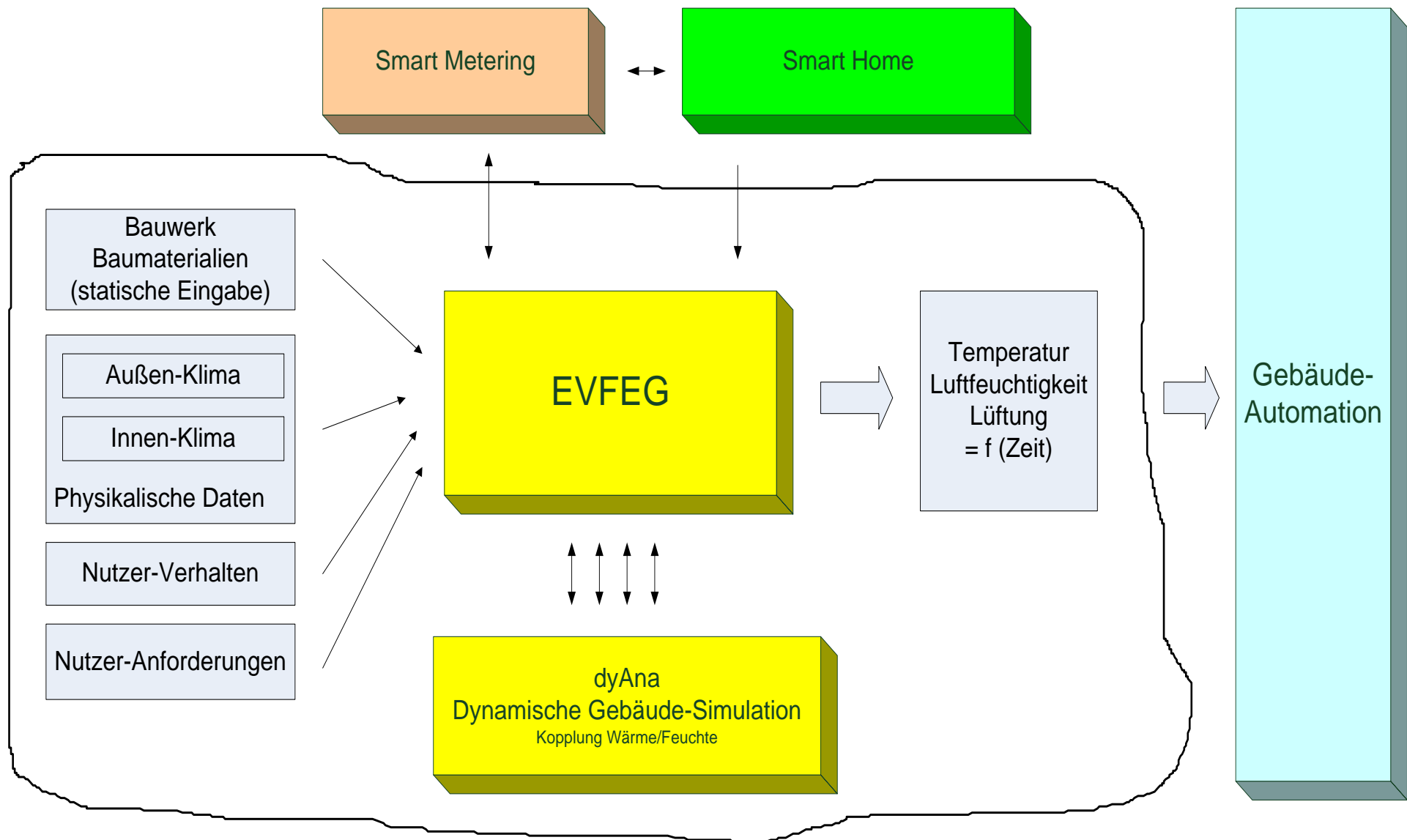
Es erfolgt eine Optimierung der Ergebnisse unter Berücksichtigung zeitabhängiger Preise für Energie (vgl. Anlage 03).

Anschließend werden fein abgestimmten Ergebnisse der dynamischen Gebäude-Simulation und ihre Auswertungsergebnisse als Soll-Parameter an die Steuerung der örtlichen GA übergeben.

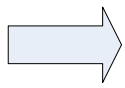
D) Anlagen:

01. EVFEG Ferngesteuerte optimierte Gebäude (IN)
02. EVFEG Elektronische Vorrichtung für das Feintuning der Eingabedaten einer GA
03. EVFEG Arbeitsschritte unter Einbindung von „Smart Metering“
04. EVFEG Modularer Aufbau der elektronischen Vorrichtung
05. EVFEG Dezentral / angebunden an ein ZRZ
06. EVFEG Umgebung „Smart Home“ und „Smart Metering“
07. EVFEG Mind map

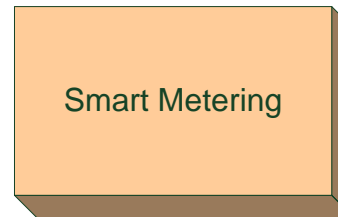




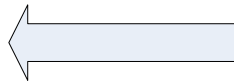
Aktuelle
dynamische
Daten



Schritt 1+2



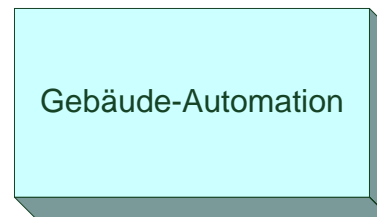
Schritt 3+4



Schritt 5+6



Temperatur
Luftfeuchtigkeit
Lüftung



Schritt 7

