

# Das ratioenergie-Anlagen-EKG

## Ein Expertensystem zur messwertgestützten Analyse von Anlagen nach DIN EN 15378 zur Verbesserung der Energieeffizienz im geringinvestiven Bereich

**Problemstellung:** Viele Anlagen in der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) arbeiten nicht in ihrem energetischen Optimum da die vorhandene Anlagentechnik oft unzureichend beherrscht wird. Eine Ursachenanalyse zum Beispiel in der Heizungstechnik macht dabei deutlich, dass nach Errichtung der Anlagentechnik eine Abstimmung von Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe meist nicht erfolgt bzw. mangelhaft durchgeführt wird. Dies hat oft erhebliche Mängel im Betriebsverhalten zur Folge. Überdimensionierte Wärmeerzeuger, überhöhte Systemtemperaturen und zu große Pumpenleistungen seien an dieser Stelle nur beispielhaft erwähnt. In der Konsequenz eröffnet sich für den Anlagenbetreiber ein erhebliches Energieeinsparpotential durch geringinvestive Maßnahmen, dass es systematisch zu heben gilt.

Die Abweichung vom anlagentechnischen Optimum resultiert aus der in Abbildung 1 dargestellten Fehlerkette, beginnend bei der Konzepterstellung, bei der der Energieeffizienzgrad in Abhängigkeit vom Stand der Technik festgelegt wurde, über Planung, Bau bis zur Wartung und Steuerung im Anlagenbetrieb.

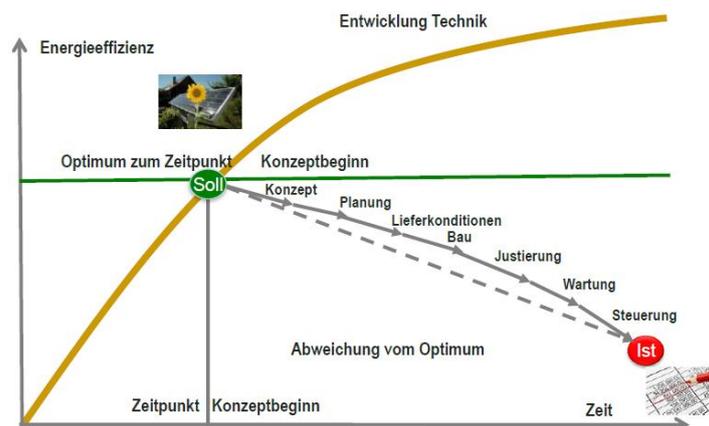


Abbildung 1: Fehlerkette von Bau-Soll zum Bau-Ist

Die Abweichung des Anlagen-Ist-Zustand vom dem bei Anlagenkonzeption definierten Soll-Zustand zeigt das Energieeinsparpotential auf. Eine systematische Analyse des Anlagen-Ist-Zustand und damit die Erfassung und Bewertung der Abweichung vom anlagentechnischen Optimum ist für den Anlagenbetreiber Voraussetzung um das Einsparpotential zu quantifizieren und mögliche Energieeinsparungen zu generieren. Zielsetzung ist es dabei insbesondere durch nicht-investive bzw. gering-investive Maßnahmen den Anlagen-Soll-Zustand und damit das ursprünglich geplante Energieeffizienzniveau zu erreichen. Aus der Komplexität der modernen Systemtechnik und der notwendigen Einbeziehung des Nutzerverhaltens, ergibt sich in der Praxis dabei das Problem einer wirtschaftlichen Erfassung und Analyse des Ist-Zustands der jeweiligen Anlage. Limitierende Faktoren sind dabei speziell Verfügbarkeit und Kosten der dafür benötigten Experten.

**Lösungsansatz:** Konkrete Verfahrenshinweise zur Erfassung von Anlagen-Ist-Zuständen sind der im Juli 2008 veröffentlichten Norm „Heizungssysteme in Gebäuden – Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen“ in der deutschen Fassung EN 15378:2007 zu entnehmen. Die DIN EN 15378 unterscheidet dabei zwischen einer wiederkehrenden Inspektion und einer einmaligen Inspektion.

Während sich die wiederkehrende Inspektion lediglich auf die energetische Effizienz des Wärmeerzeugers bezieht und dabei die Trinkwasserbereitung unberücksichtigt lässt (vgl. 1. BImSchV sowie KÜO), umfasst die im weiteren näher betrachtete einmalige Inspektion die gesamte Heizungs- und Trinkwassererwärmungsanlage und hat das Ziel das Energieeinsparpotenzial der Anlagentechnik zu ermitteln, um sinnvolle Alternativen zur Verbesserung der Energieeffizienz der gesamten Anlagentechnik abzuleiten. Hierbei stehen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl, die sich bezüglich des Aufwandes und der Qualität der erzielten Ergebnisse unterscheiden:

1. **Vereinfachtes Verfahren mittels Checkliste** („Heizungs-Check“) -> Eignungsklasse: „geeignet“
2. **Gebäudeaufnahme und Energiebedarfsberechnung** über Zeitraum von einem Jahr durch Experten -> Eignungsklasse: „exzellent“
3. **Inspektion mittels Analyseverfahren** („Anlagen-EKG“) -> Eignungsklasse: „exzellent“

Das „ratioenergie-Anlagen-EKG“ entspricht dabei der als „exzellent“ bewerteten Inspektion mittels Analyseverfahren. Im Einzelnen sind beim Analyseverfahren alle wesentlich relevanten Komponenten der Anlage zu erfassen, eine messtechnisch gestützte hochauflösende Erfassung des Betriebsverhaltens über einen typischen Temperaturzyklus von mindestens 24 Stunden vorzunehmen, subjektiv bedingte Faktoren weitgehend auszuschließen, die Reproduzierbarkeit von Datenerfassung und Berechnung zu gewährleisten, sowie eine hohe Ergebnisgenauigkeit, Neutralität und eine positive Kosten-Nutzen-Relation sicher zu stellen. Im Ergebnis fordert die Norm die Ermittlung des Nutzungsgrades der Wärmeerzeugung unter Berücksichtigung der energetisch relevanten Größen, die Ermittlung der Parameter des Betriebsverhaltens der Anlagentechnik mit differenzierter Herausarbeitung der regelungstechnischen und komponentenbedingten Mängel, die Ermittlung der Heizlast bzw. des Gebäudeanschlusswerts, die Berechnung und Bewertung der objektbezogenen Energieeffizienz und des anlagentechnisch bedingten Einsparpotentials.

**Vorgehensweise:** Mit dem messwertgestützten mobilen Datenerfassungs- und Auswertesystem ratioenergie-Anlagen-EKG wurde durch die ratioservice AG eine direkte Verfahrensumsetzung der DIN EN 15378 geschaffen. Das Anlagen-EKG wurde vom TÜV Rheinland unter der ID 27441 als geprüfte technische Dienstleistung unter „www.tuv.com“ registriert und wird mittlerweile in Deutschland von 30 Partnerunternehmen angeboten.

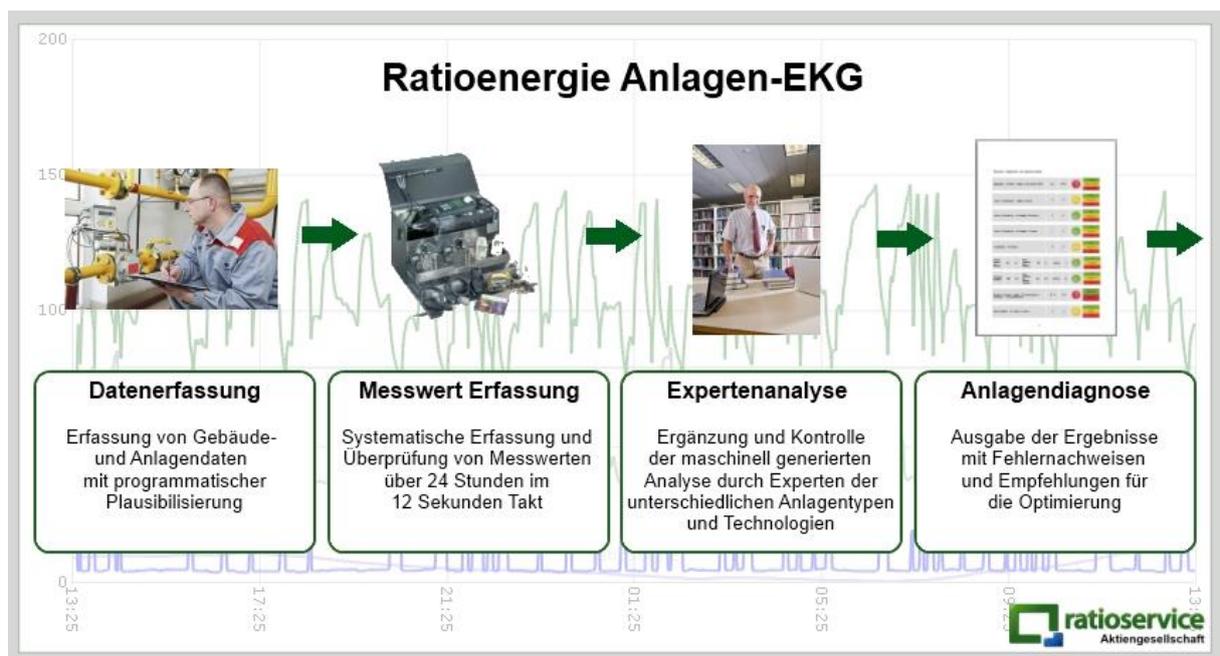


Abbildung 2: Verfahrensablauf des Mess- und Analyseprozesses

Die Abbildung zeigt den Verfahrensablauf des Mess- und Analyseprozesses, beginnend mit der Daten- und Messwarterfassung, auf deren Grundlage die computerunterstützte Exper-

tenanalyse erfolgt, die dann im Rahmen der Anlagendiagnose in einem Gutachten dokumentierte wird. Die Durchführung dieser Mess- und Analysedienstleistung wird dabei durch verschiedene, von ratioservice entwickelte, Softwaremodule unterstützt.

Die Messwerterfassung erfolgt mit Hilfe einer mobilen Messeinheit. Über einen Messzyklus von 24 Stunden werden im 12-Sekundentakt Abgasparameter des Wärmeerzeugers, Volumenströme der Wärmeverteilung, Vor- und Rücklauftemperaturen der Verbraucher, Außen-temperaturen und Raumreferenztemperaturen erfasst. Die Festlegung der Messstellen erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Anlagenkomplexität und der Analysezielsetzung. Abbildung 3 zeigt ein typisches Fühlerschema einer Anlage mit einem Wärmeerzeuger, einem Heizkreis und einer Warmwasserbereitung.

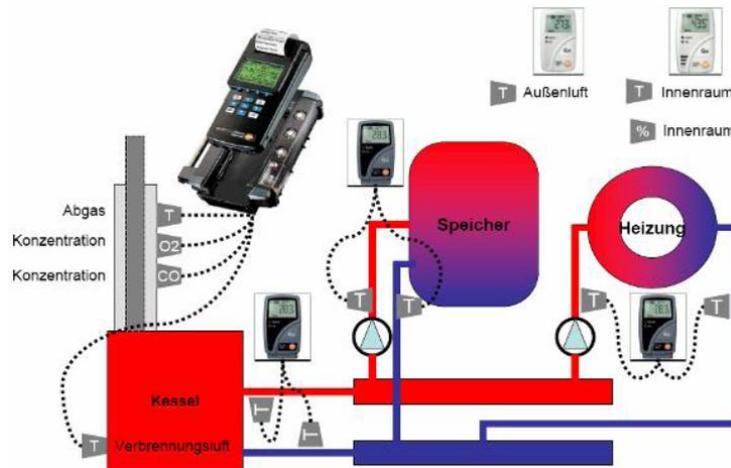


Abbildung 3: Fühlerschema einer Kesselanlage mit Warmwasserbereitung

Zur Vorbereitung einer zielführenden Optimierung, Sanierung, Modernisierung oder eines Energieträgerwechsels erfolgt nach der Messwerterfassung eine softwarebasierte Analyse durch einen qualifizierten Ingenieur mit Hilfe des ratioservice-Expertensystems. Das „Anlagen-EKG“ entspricht im Modell dem aus der Medizin bekannten EKG.

#### Medizin

Herz – EKG als **messwertbasierte Analyse** des Objektes **Herz** in Interaktion mit dem Blutkreis ohne Eingriff in den Organismus

#### Übertragung auf die Gebäudetechnik

Heizungs-EKG als **messwertbasierte Analyse** des Objektes **Kessel** in der Interaktion mit dem **hydraulischen System** und dem **Nutzer** ohne Eingriff in die Heizanlage

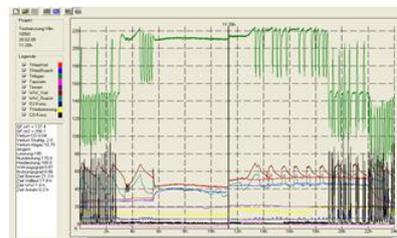
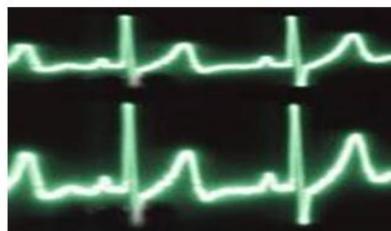


Abbildung 4: Modell Anlagen-EKG

Während in der Medizin eine messwertbasierte Analyse des Messobjektes „Herz“ in Interaktion mit dem Blutkreislauf ohne Eingriff in der Organismus erfolgt, wird beim ratioservice-Anlagen-EKG eine messwertbasierte Analyse des Messobjektes „Wärmeversorger“ in Interaktion mit dem hydraulischen System und dem Nutzer ohne Eingriff in die Anlage vorgenommen. Im Ergebnis liefert das Anlagen-EKG eine grafische Darstellung des Betriebsverhaltens der Anlage, wie in Abbildung 4 dargestellt.

Die grafische Darstellung der Messwerte ermöglicht dem Techniker eine erste Bewertung der Anlage und dient dem Experten als Ausgangsbasis für den weiteren Auswertungsprozess. Mit Hilfe des interaktiven Expertensystems werden alle Messwerte im Rahmen der Expertenanalyse hinsichtlich erkennbarer Anlagenmängel analysiert. Das Expertensystem ist im derzeitigen Entwicklungsstand in der Lage ca. 120 unterschiedliche Anlagenmängel regelbasiert zu erkennen. Das System wird ständig weiterentwickelt.

Die automatisch detektierten Anlagenmängel werden in einem zweiten Schritt durch den Experten validiert und im Rahmen der Detailanalyse weiter spezifiziert. Die detektierten Anlagenmängel werden hinsichtlich der zu generierenden Energieeinsparungen bewertet. Es werden anlagenspezifische Optimierungsempfehlungen zugeordnet. Dabei wird zwischen nicht-investiven und gering-investiven Optimierungsmaßnahmen und investiven Maßnahmen im Rahmen eines Anlagensatzes unterschieden.

Die dann im Rahmen der Expertenanalyse erstellte Expertise gibt nicht nur Auskunft über die aktuellen Anlagenparameter, das hydraulische System, die reale Heizlast bzw. den Gebäudeanschlusswert, sondern enthält auch optimierte Einstellparameter für die Heizkurven und gibt mit dem berechneten Nutzungsgrad Auskunft über die Energieeffizienz der Gesamtanlage. Aus dem Vergleich der Energieverbrauchswerte vor und nach Optimierung wird eine Prognose der Energieeinsparung nach Normentwurf DIN EN 15378 vorgenommen.

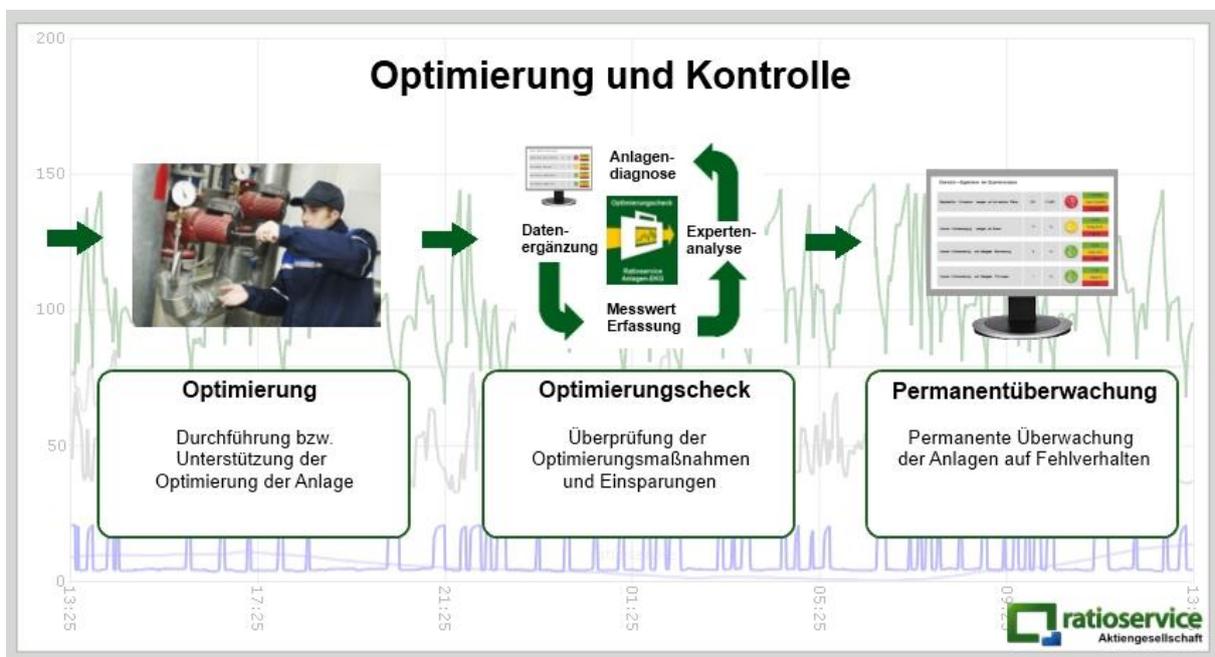


Abbildung 5: Verfahrensablauf Optimierung und Kontrolle

Auf Basis dieser Expertise kann der Anlagenbetreiber bzw. der Gebäudeeigentümer die technische Umsetzung der Empfehlungen im Rahmen einer Optimierung auslösen und damit das objektspezifische Einsparpotential heben. Die Nachkontrolle erfolgt im Rahmen eines Optimierungsschecks. Um langfristig die Energieeffizienz der Anlagen sicherstellen zu können, kann eine Permanentüberwachung vorgenommen werden.

**Anwendungsmöglichkeiten:** Das ratioservice-Anlagen-EKG kann für die einmalige Inspektion von Kessel und Heizungssystemen gemäß DIN EN 15378 eingesetzt werden. Dabei können sowohl brennstoffbefeuerte Ein- oder Mehrkesselanlagen als auch Fernwärmeanlagen oder Wärmepumpen überprüft werden. Eingesetzt wurde das ratioservice-Anlagen-EKG bereits in Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern, Wohnanlagen, Hotels, Krankenhäusern, Seniorenstiften, Schulen, Schwimmbädern, Verwaltungsgebäuden und Industriebetrieben um die Energieeffizienz der jeweiligen Anlagen zu überprüfen, Anlagenmängel zu erkennen und mit nicht-investiven bzw. gering-investiven Optimierungsmaßnahmen zu beseitigen. Die erzielbaren Einsparungen im nicht-investiven bzw. gering-investiven Bereich liegen erfahrungsgemäß

gemäß bei durchschnittlich 15 Prozent. Das ratioservice-Anlagen-EKG kann auch vor einer Anlagenerneuerung die notwendigen Grundlagen für das auszuwählende Heizungssystem und die Dimensionierung des Wärmeerzeugers schaffen und damit auch z.B. bei Contracting Projekten die erforderliche Planungssicherheit geben. Im Rahmen der Abnahme nach Errichtung einer Wärmeversorgungsanlage kann das ratioservice-Anlagen-EKG Auskunft darüber geben ob der vom Bauherren gewünschte Soll-Zustand hinsichtlich Inbetriebnahmen, Regelungseinstellung und hydraulischem Abgleich erreicht wurde.

**Resultat:** Das auf Grundlage der DIN EN 15378 entwickelte ratioservice-Anlagen-EKG analysiert den Wärmeerzeuger in Interaktion mit dem hydraulischen System und dem Nutzer ohne Eingriff in das Gesamtsystem, zeigt Anlagenmängel auf und gibt Hinweise zu Optimierungsmöglichkeiten. Unterstellt man einen - durch Einsatz des ratioservice-Anlagen-EKG in Verbindung mit der Umsetzung geringinvestiver Maßnahmen - vermeidbaren Mehrverbrauch an Energie von ca. 15 %, ergibt sich bei ca. 15 Mio. Heizanlagen in Deutschland ein jährliches Einsparpotential von ca. 3.800 Mio. ltr. Heizöl bzw. ca. 4.300 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas. Das entspricht einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 25 Mio. Tonnen. Die von allen Seiten zu Recht geforderte Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emissionen im Bereich der Wärmeversorgungsanlagen rückt damit in greifbare Nähe.

**Kontakt:**

Dr. Stephan Ruhl  
ratioservice AG, Bruchwiese 1, 55585 Altenbamberg  
Fon: 06708-6333-23, Fax: 06708-6333-22  
Internet: [www.ratioservice.com](http://www.ratioservice.com), Mail: [stephan.ruhl@ratioservice.com](mailto:stephan.ruhl@ratioservice.com)