

Projekt:

Entwicklung einer Methodik zur Aufstellung von Energiekennzahlen zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen

Arbeitspaket 3:

Berechnungshilfen Dokumentation der Excel-Tools

im Auftrag des Bundesumweltministeriums

Knut Grabowski (Projektleitung), Dr. Kirsten Kubin, Carsten Ernst

Berlin, 18. Dezember 2014

Dateiname: Kennzahlen 3.2 Berechnungshilfen Dokum - V07 - 18.12.14 - KG

Auftraggeber

BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Projektbetreuung: Referat KI I 1 – Grundsatzangelegenheiten des Klimaschutzes,
Klimaschutzplan

Köthener Str. 2-3, 10963 Berlin

Projektträger

Projektträger Jülich

Forschungszentrum Jülich GmbH Geschäftsbereich Umwelt Fachbereich Klimaschutz (UMW 3)

Projektbetreuung: Stefan Geyer, Jens Kayser

ÖKOTEC Energiemanagement GmbH

Geschäftsführer

Dr. Christoph Zschocke, Roland Berger

Technische Entwicklung und Qualitätssicherung

Knut Grabowski, Carsten Ernst

Rechtsform

Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Berlin HRB 80690 B

Gründungsjahr

1999

Mitarbeiterzahl (Stand Apr 2014)

33 (ohne studentische Hilfskräfte)

Tätigkeit

Haupttätigkeitsfelder sind Beratungs- und Ingenieurleistungen im Bereich Energie und Energieeffizienz bei Industrie- und Gewerbekunden in Deutschland und Europa, angefangen bei einer ersten Energieanalyse zur Aufdeckung von Einsparpotentialen, über die Maßnahmenentwicklung im Rahmen von Energiekonzepten bis zur Implementierung von Maßnahmen. Begleitend zu den Einsparmaßnahmen führen wir Energiecontrolling bei unseren Kunden ein oder optimieren vorhandene Systeme und unterstützen bei einem kontinuierlichen Energieeffizienz-Controlling. Wir konzentrieren uns auf energieintensive Branchen wie die Kunststoff-, Automobil-, Chemie-, Metall-, Papier- und Nahrungsmittelindustrie. Zusätzlich setzen wir unsere Erfahrungen in Verwaltungs- und Laborgebäuden sowie Krankenhäusern und Hotels ein. Unser Tätigkeitsfeld wird mit Beratungsleistungen im Bereich Energieeinkauf abgerundet.

Seit der Gründung haben wir im In- und Ausland über 550 Industrie- und zahlreiche Gewerbestandorte betreut. Neben der Optimierung von Versorgungs- und Produktionsanlagen im Bestand, unterstützen wir unsere Kunden bei der Planung und Errichtung von Neubauten bzw. neuen Produktionsanlagen. Darüber hinaus haben wir uns bei Ministerien und Forschungsinstitutionen als kompetenter Partner für anwendungsorientierte Energieeffizienz etabliert.

ÖKOTEC verfügt über ein interdisziplinäres Team aus 33 Energie- und Wirtschaftsingenieuren, Physikern und Maschinenbauern, technischen Zeichnern und Kaufleuten.

Arbeitssprachen

Deutsch, Englisch

Hauptsitz

ÖKOTEC Energiemanagement GmbH

Torgauer Str. 12-15

10829 Berlin

Telefon: +49 (30) 536397 – 30

Telefax: +49 (30) 536397 – 90

energie@oekotec.de

Ansprechpartner

Knut Grabowski, Durchwahl -26

k.grabowski@oekotec.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Einleitung..... | 1 |
| 2 | Aufbau und Anwendung der Tools..... | 3 |
| 2.1 | Auswahl Bewertungsart und Variante | 4 |
| 2.2 | Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht | 4 |
| 2.3 | Berechnung / Eingabe der Aufwands- und Nutzengrößen..... | 5 |
| 2.4 | Ergebnisbetrachtung..... | 6 |
| 2.5 | Blanko-Tool | 6 |
| 2.6 | Weitere Hinweise..... | 8 |

1 Einleitung

Um die Energieeffizienz einzelner Unternehmen des produzierenden Gewerbes überwachen und bewerten zu können, wird im Rahmen dieses Projektes „*Entwicklung einer Methodik zur Aufstellung von Energiekennzahlen zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen*“ eine standardisierte Methodik zur systematischen Aufstellung von Energiekennzahlen entwickelt.

Das Projekt gliedert sich in mehrere Arbeitspakete. Im ersten Teil des Arbeitspakets 1 (Methodik) haben wir einen Überblick über existierende Kennzahlaufstellungen gegeben, die Aufgaben- und Zielsetzung des Projektes detailliert und strukturiert sowie Aspekte zur Vorgehensweise bei der Entwicklung der Methodik erläutert.

Im zweiten Teil des Arbeitspakets 1 (Methodik) haben wir die Entwicklung der Methodik zur Aufstellung von Energiekennzahlen zur Steigerung der Energieeffizienz dargestellt.

Im Arbeitspaket 2 (Kennzahlenkatalog) wird die entwickelte Methodik auf einzelne Querschnittstechnologien angewendet und beschrieben. Hierbei wurden in Abstimmung mit dem BMUB sieben weit verbreitete Querschnittstechnologien ausgewählt.

Im Arbeitspaket 3 (Berechnungshilfen) werden zu den im Kennzahlenkatalog betrachteten sieben Querschnittstechnologien einfache Excel-Tools entwickelt. Diese Excel-Tools bilden die im Kennzahlenkatalog angewandte Methodik anhand der ausgewählten sieben Querschnittstechnologien ab. Durch wesentliche Eingaben können die Kennzahlen ermittelt werden und damit wird ein Vergleich (Monitoring oder Bewertung) von Systemen ermöglicht.

Die vorliegende Dokumentation erläutert in knapper Form den allgemeinen Aufbau der Tools und dient parallel als Anwendungsbeschreibung, ersetzt jedoch nicht den Kennzahlenkatalog. Für weitergehende Informationen ist der Katalog hinzuzuziehen.

Es wurden für folgende Querschnittstechnologien Excel-Tools erstellt:

1. Nassläuferpumpen
Erzeugung einer hydraulischen Leistung
2. Heizkessel
Verbrennt ein Gemisch aus Luft und gasförmigem oder flüssigem Brennstoff, um Heizwasser aufzuheizen.
3. Ventilatoren
Erzeugung einer Förderleistung Luft
4. Wärmerückgewinnung bei raumluftechnischen Anlagen
Übertragung sensibler Wärme der Abluft auf die Zuluft in einer raumluftechnischen Anlage.
5. Kompressionskälteanlage
Ein elektrisch betriebener Verdichter (Kältekompressor) stellt über einen indirekten Verdampfer Kaltwasser auf einem Temperaturniveau von größer 0°C zur Verfügung.
6. Druckluftkompressoren
Bereitstellung eines verdichteten Luftvolumenstroms auf ein bestimmtes Druckniveau (2-10 bar Überdruck)

7. Beleuchtungssystem zur homogenen Flächenbeleuchtung von Hallen
Gewährleistung eines Lichtstroms pro Fläche auf einer definierten Nutzebene mit
Anforderungen an die Eigenschaften Farbtemperatur und Farbwiedergabequalität

Parallel zu diesen speziell für bestimmte Systeme entwickelten Tools wurde ein Blanko-Tool entwickelt, mit dem der Nutzer ein eigenes System abbilden kann.

2 Aufbau und Anwendung der Tools

Die Tools wurden in dem Programm Excel abgebildet, um die Berechnungsschritte möglichst transparent und nachvollziehbar zu gestalten.

Die verschiedenen Tools für die Querschnittstechniken sowie das Blanko-Tool sind in einer Datei gesammelt und auf einzelnen Tabellenblättern abgebildet. Die Tabellenblätter sind voneinander unabhängig zu bearbeiten.

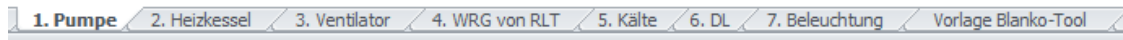


Abbildung 1: Tabellenblätter der sieben abgebildeten Querschnittstechniken, Blanko-Tool

Innerhalb der einzelnen Tabellenblätter wird durch unterschiedliche Farbgebung der Zellen zwischen Eingabefeldern, veränderlichen und nicht veränderbaren Feldern unterschieden, Datenbalken stellen die entsprechenden Zahlenwerte für die bewerteten Aufwände sowie die Teileffizienzen bildlich da:

| Legende: | |
|--------------|---|
| 200 | Eingabefeld |
| 200 | Eingabefeld, Zielwert für Ergebnisdarstellung |
| 500 | Veränderliche / berechnete Felder |
| 500 | berechneter Zielwert für Ergebnisdarstellung |
| El. Leistung | nicht veränderbare Felder |
| 10,0 | Datenbalken bewerteter Aufwand |
| 5,0 | Datenbalken Teileffizienz |

Abbildung 2: Farbgestaltung der Zellen

Die Eingabefelder sind durch den Nutzer entsprechend auszufüllen.

Manche Eingabefelder sind Auswahlfelder. Bei anklicken der Zelle öffnet sich eine Liste mit den möglichen Auswahloptionen.

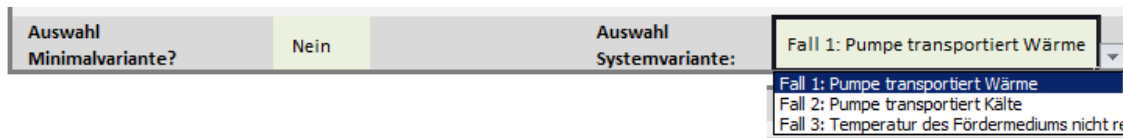


Abbildung 3: Auswahlfelder

Die Auswahlfelder wirken sich zum Teil auf die anschließend notwendigen Dateneingaben aus. Je nach Auswahl werden manche Zellenbereiche oder Zellen ausgeblendet, wenn diese für die getroffene Auswahl nicht relevant sind.

Die Tools gliedern sich nach einem einleitenden Teil mit der Bezeichnung des Systems sowie der verbalen Beschreibung des Nutzens in folgende drei Blöcke:

- Auswahl Bewertungsart und Variante
- Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht
- Berechnung / Eingabe der Aufwands- und Nutzengrößen

2.1 Auswahl Bewertungsart und Variante

Für das Aufstellen der Kennzahlen ist zunächst die Auswahl der Bewertungsart notwendig. Es kann zwischen den Bewertungsarten Geld, Primärenergie oder CO₂-Emissionen ausgewählt werden. Nach Auswahl wird die jeweilige Einheit der Bewertungsart angezeigt.

| Auswahl Bewertungsart | Bewertungsart | Einheit |
|-----------------------|----------------------|---------|
| | Primärenergie (e) | MWhPr |
| Systemvarianten | Geld (f) | |
| | Primärenergie (e) | |
| | CO2-Emissionen (c) | |

Abbildung 4: Auswahl der Bewertungsart

Es folgt eine grafische Darstellung der möglichen Systemvarianten sowie der Minimalvariante.

Der Nutzer trifft nun die Auswahl, ob die Minimalvariante betrachtet werden soll und welche Systemvariante der Kennzahlaufstellung zugrunde gelegt wird.

Hinweis: Bei zwei Systemen, Heizkessel und WRG von RLT, ist lediglich eine Systemvariante abgebildet.

2.2 Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht

Der Block „Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht“ zeigt vorweggenommen eine tabellarische Aufstellung der systemspezifischen Größen sowie der berechneten Kennzahlen des Systems.

Die systemspezifischen Größen werden erst im sich anschließenden Block „Berechnung / Eingabe der Aufwands- und Nutzengrößen“ eingegeben bzw. ermittelt, in diesem hier beschriebenen Block werden die Werte übersichtlich angezeigt.

Systemspezifische
Werte, Eingabe im sich
anschließenden Block

| Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht | | | | | | | | | |
|--|-------|--------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Aufwandsgröße | Index | Aufwands- größe | Bew.-faktor Aufwand | Bewerteter Aufwand | Teil- effizienzen | | | | |
| | | A | peA | ABe | τ e | | | | |
| El. Leistung | el | 4,9 kW el | 2,6 MWhPr/MWh el | 12,7 kWPr | 0,39 kW hyd / kW el | | | | |
| Gesamtaufwand | | | | 12,7 kWPr | | | | | |
| Nebennutzen mit Bewertungsfaktor aus Substitutionsmethode oder Abschätzung | | | | | | Teil- effizienz τ e | | | |
| Wärmeleistung | wä | 2,6 kW wä | 1,2 MWhPr, MWh wä | 3,1 kWPr | 0,72 kW hyd / kW wä | | | | |
| Nutzengröße | Index | Nutzen- größe | Bew.-faktor Nutzen | Bewerteter Nutzen | Bewertete Effizienz | | | | |
| | | N | peN | NBe | ε e | | | | |
| Hydr. Leistung | hyd | 1,9 kW hyd | 5,1 MWhPr/MWh hyd | 9,6 kWPr | 0,20 kWh hyd / MWhPr | | | | |
| Einflussgrößen | | | | | | | | | |
| Hydr. Leistung der Pumpe, Druckdifferenz | | | | | | | | | |
| Geringe Priorität: Eingangstemperatur des zu fördernden Mediums, Umgebungstemperatur | | | | | | | | | |

Einzugebende
Bewertungsfaktoren

Abbildung 5: Tabellarische Darstellung der Ergebnisse sowie Eingabe der Bewertungsfaktoren

Einzugeben sind hier die Bewertungsfaktoren der jeweiligen Aufwandsgröße bezogen auf die bereits gewählte Bewertungsart.

2.3 Berechnung / Eingabe der Aufwands- und Nutzengrößen

In dem Block werden je nach System und Systemvariante die Nutzen- sowie Aufwandsgrößen und gegebenenfalls die Nebennutzen bestimmt.

Die blauen Zellen mit einem schwarzen Rahmen kennzeichnen die jeweilige Zielgröße, welche in die tabellarische Übersicht „Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht“ übergeben wird.

Wenn mehrere Möglichkeiten zur Bestimmung der Größen möglich sind, werden verschiedene Wege vorgeschlagen (gemäß Erläuterung im Katalog). Nach Auswahl des gewünschten Weges wird die Eingabe der jeweiligen Daten ermöglicht.

| Berechnung / Eingabe der Aufwands- und Nutzengrößen | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|-------|-------------------|--|
| Nutzen | | | | | |
| Hydraulische Leistung | | P_{hyd} | 3,4 | kW | |
| | Differenzdruck | Δp | 3,10 | bar | gemessen |
| | Volumenstrom | \dot{V} | 40 | m ³ /h | gemessen |
| Nebennutzen (nur bei Fall 1 -Pumpe transportiert Wärme) | | | | | |
| Wärmeleistung | | $Q_{w\ddot{a}}$ | 6,5 | kW | |
| Weg 1: | | | | | |
| | Volumenstrom | \dot{V} | 40 | m ³ /h | gegeben |
| | Wärmekapazität Medium | c_p | 4,182 | kJ/kgK | fest |
| | Dichte Medium | ρ | 998 | kg/m ³ | fest, 20°C |
| | Temp. Eintritt | T_{ein} | 50,00 | °C | gemessen |
| | Temp. Austritt | T_{aus} | 50,14 | °C | gemessen |
| | | | 6,49 | kW | |
| Weg 2: | | | | | geschätzt oder Datenblatt, üblicher Wert: 60 - 90 % |
| | Faktor | f_e | - | | |
| | El. Leistung | P_{el} | | kW | gegeben |
| | Hydr. Leistung | P_{hyd} | | kW | gegeben |
| | | | | kW | |
| Aufwand | | | | | |
| El. Leistung | El. Leistung | P_{el} | 4,9 | kW | gemessen |

Abbildung 6: Eine beispielhafte Darstellung des Blocks „Berechnung / Eingabe der Aufwands- und Nutzengrößen“

2.4 Ergebnisbetrachtung

Wurden alle notwendigen Daten eingetragen, erscheinen die Zielgrößen in der tabellarischen Ergebnisübersicht, nach Eingabe der Bewertungsfaktoren werden die bewerteten Aufwände, der Bewertungsfaktor des Nutzens sowie die Kennzahlen des Systems „Teileffizienzen“ und „bewertete Effizienz“ ermittelt.

Bei mehreren Nutzen oder Nebennutzen veranschaulichen Datenbalken die Verhältnisse der einzelnen Größen zueinander.

2.5 Blanko-Tool

Das Blanko-Tool dient als Vorlage für die Berechnung von Kennzahlen weiterer Systeme. Der Nutzer definiert ein System mit maximal 8 Aufwänden und maximal 4 Nebennutzen und legt die Bewertungsart fest. Nach Eingabe passt sich die tabellarische Aufstellung der systemspezifischen Größen sowie der berechneten Kennzahlen des Systems entsprechend an.

Die jeweiligen Aufwands- und Nutzengrößen sowie deren Indices sind in dem Block „Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht“ einzugeben und die entsprechenden Kennzahlen werden berechnet.

Name betrachtetes System

Kennzahlberechnung

Beschreibung des Nutzens des Systems:

Legende:

- Eingabefeld
- Eingabefeld, Zielwert für Ergebnisdarstellung
- Veränderliche / berechnete Felder
- berechneter Zielwert für Ergebnisdarstellung
- nicht veränderbare Felder
- Datenbalken bewerteter Aufwand
- Datenbalken Teileffizienz

Auswahl Bewertungsart, Beschreibung Variante, Auswahl Anzahl Aufwände und Nebennutzen

| Auswahl Bewertungsart | Bewertungsart | Einheit |
|-----------------------|---------------|---------|
| | Geld (f) | € |

Systemvariante

Auswahl Anzahl Nebennutzen und Aufwände

| | |
|-----------------------------|---|
| Anzahl Aufwände (max. 8) | 3 |
| Anzahl Nebennutzen (max. 4) | 2 |

Eingabe der Bewertungsfaktoren und Ergebnisübersicht

| Aufwandsgröße | Index | Aufwandsgröße | Bew.-faktor Aufwand | Bewerteter Aufwand | Teil-effizienzen |
|---|-------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | A | pfA | ABf | τ f |
| Aufwand 1 | el | 1,0 kW el | 100 €/MWh el | 0,1 €/h | 0,6 kW hyd / kW el |
| Aufwand 2 | | 2,0 kW | 100 €/MWh | 0,2 €/h | 0,3 kW hyd / kW |
| Aufwand 3 | | 7,0 kW | 200 €/MWh | 1,4 €/h | 0,1 kW hyd / kW |
| Gesamtaufwand | | | | 1,7 €/h | |
| Nebennutzen mit Bewertungsfaktor aus Substitutionsmethode oder Abschätzung | | | | | Teil-effizienz τ f |
| Nebennutzen 1 | wä | 1,00 kW wä | 100 €/MWh wä | 0,10 €/h | 0,61 kW hyd / kW wä |
| Nebennutzen 2 | wä | 2,0 kW wä | 100 €/MWh wä | 0,20 €/h | 0,31 kW hyd / kW wä |
| Gesamt-Nebennutzen | | | | 0,3 €/h | |
| Nutzengröße | Index | Nutzengröße | Bew.-faktor Nutzen | Bewerteter Nutzen | Bewertete Effizienz |
| | | N | pfN | NBf | ε f |
| Nutzen | hyd | 0,6 kW hyd | 2.291 €/MWh hyd | 1,40 €/h | 0,44 kWh hyd / € |
| Einflussgrößen | | | | | |

Abbildung 7: Aufbau des Blanko-Tools

Der Block „Berechnung der Aufwands- und Nutzengrößen“ bietet lediglich einen Bereich für Hilfsrechnungen und Abschätzungen, um die oben eingetragenen Werte nachzuvollziehen.

Seite 7

| Berechnung der Aufwands- und Nutzengrößen | |
|---|--|
| Nutzen | |
| Nebennutzen | |
| Aufwand | |

Abbildung 8: Bereich für Hilfsrechnungen

2.6 Weitere Hinweise

Da diese Dokumentation nicht den Kennzahlenkatalog ersetzt, sollte bei Anwendung der Berechnungstools zur näheren Erläuterung dieser hinzugezogen werden, da wesentliche Hinweise und Hintergründe zu den abgebildeten Berechnungsalgorithmen darin näher erläutert sind.