

VDI

REIHE 23
TECHNISCHE
GEBÄUDE-
AUSRÜSTUNG



Fortschritt- Berichte VDI

Dipl.-Ing. (FH) René Stang, M.Eng.;
Kutzleben

NR. 6

Methode zur Ökoeffizienzbewertung wärmetechnischer Anlagen in Gebäuden

BAND
1 | 1

VOLUME
1 | 1

Methode zur Ökoeffizienzbewertung wärmetechnischer Anlagen in Gebäuden

Ein Beitrag zur ganzheitlichen Nachhaltigkeit

Von der Fakultät Architektur und Urbanistik
der Bauhaus-Universität Weimar
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. (FH) René Stang, M.Eng.

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Bernd Nentwig
Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Jens Mischner
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Krause

Tag der Disputation: 30. April 2021

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online verfügbar.

VDI

REIHE 23
TECHNISCHE
GEBÄUDE-
AUSRÜSTUNG



Fortschritt- Berichte VDI

Dipl.-Ing. (FH) René Stang, M.Eng.;
Kutzleben

NR. 6

Methode zur Ökoeffizienzbewertung wärmetechnischer Anlagen in Gebäuden

BAND
1|1

VOLUME
1|1

VDI verlag

Stang, René

Methode zur Ökoeffizienzbewertung wärmetechnischer Anlagen in Gebäuden

Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 23, Nr. 6. Düsseldorf: VDI Verlag 2021.

212 Seiten, 82 Bilder, 24 Tabellen.

ISBN 978-3-18-300623-6, ISSN 2192-6727

76,00 EUR/VDI-Mitgliederpreis: 68,40 EUR

Für die Dokumentation: Energiewirtschaft – Nachhaltigkeitsbewertung – Ökobilanz – Ökoeffizienz – Primärenergie – Primärenergiefaktor – regenerative Energien – Umweltleistung – Wärmetechnik – Wirtschaftlichkeit

Keywords: energy supply chain – energy industry – sustainability assessment – life cycle assessment – eco-efficiency – primary energy – primary energy factor – renewable energies – environmental performance – heat technology – economic efficiency

Die vorliegende Arbeit richtet sich an Ingenieur*innen und Wissenschaftler*innen der technischen Gebäudeausrüstung. Sie greift einen sich abzeichnenden Änderungsbedarf in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden und wärmetechnischen Anlagen auf. Der aktuell genutzte nicht erneuerbare Primärenergiebedarf wird insbesondere hinsichtlich künftiger politischer Klima- und Umweltschutzziele als alleinige Bewertungsgröße nicht ausreichend sein. Die mit dieser Arbeit vorgestellte Ökoeffizienzbewertungsmethode kann als geeignetes Instrument zur Lösung der Probleme beitragen. Sie ermöglicht systematische, ganzheitliche Bewertungen und reproduzierbare Vergleiche wärmetechnischer Anlagen bezüglich ihrer ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit. Die wesentlichsten Neuentwicklungen sind die spezifische Umweltleistung, in Erweiterung zum genutzten Primärenergiefaktor, und der Ökoeffizienzindikator UWI.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek (German National Library)

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at www.dnb.de.

© VDI Verlag GmbH | Düsseldorf 2021

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten. Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 978-3-18-300623-6, ISSN 2192-6727

Vorwort

Diese Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als Angestellter der Fakultät Gebäudetechnik und Informatik an der Fachhochschule Erfurt sowie bei den Stadtwerken Jena in Kooperation mit der Bauhaus-Universität Weimar. Für die vielfältige Hilfe bei der Erstellung der Dissertation und das Gelingen des Promotionsvorhabens bin ich einer Reihe von Personen und Institutionen sehr dankbar.

Mein besonderer Dank gilt zunächst Herrn Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Jens Mischner für die beharrliche, intensive Betreuung und verständnisvolle Unterstützung meiner Forschungsarbeit. Mein Dank gilt ebenso Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernd Nentwig der dieses Promotionsvorhaben befürwortet und die Dissertation als Gutachter konstruktiv betreut hat. Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Hartmut Krause für die Begutachtung meiner Arbeit.

Ich bedanke mich darüber hinaus bei allen Kollegen der Fachrichtung Gebäude- und Energietechnik der Fachhochschule Erfurt für ihre fortwährende Unterstützung bei der Umsetzung meines Vorhabens. Besonders erwähnen möchte ich Herrn Dipl.-Ing. (FH) Uwe Sandner für die stets wertvollen und tiefgreifenden Diskussionen über die Forschungsarbeit. Auch seien Frau Prof. Dr.-Ing. Cornelia König und Herr Prof. Dr.-Ing. Michael Kappert genannt, die als Leitende der Fachrichtung jederzeit förderliche Hinweise und Hilfestellungen zur Umsetzung meiner Arbeit gegeben haben.

Ebenso bin ich der Stadtwerke Jena Netze GmbH, die meine Dissertation besonders gefördert hat, zu großem Dank verpflichtet.

Nicht zuletzt empfinde ich tiefe Dankbarkeit gegenüber meiner lieben Frau Karina sowie unseren Kindern Johanna und Theo, ohne deren Unterstützung und Verständnis dieses Promotionsvorhaben nicht gelungen wäre.

Kutzleben, August 2021

René Stang

Wir haben die Erde nicht von unseren Vorfahren geerbt, wir
haben sie von unseren Nachkommen geliehen.

Alte indianische Weisheit

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	VIII
Abstract	X
Nomenklatur	XII
1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Herangehensweise	4
1.4 Aufbau der Arbeit	6
2 Nachhaltigkeitsbewertung in Wissenschaft und Technik	7
2.1 Lebenszyklusbasierte Nachhaltigkeitsbewertung	7
2.1.1 Nachhaltigkeitsgedanke	7
2.1.2 Nachhaltigkeitsquantifizierung	10
2.2 Nachhaltigkeitsbewertung wärmetechnischer Anlagen	14
2.2.1 Primärenergetische Bewertung gemäß Gesetzgebung	14
2.2.2 Auswahlkriterium Wirtschaftlichkeit	19
2.3 Ökoeffizienzbewertung	21
2.3.1 Methodischer Bewertungsrahmen	21
2.3.2 Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen	24
2.3.3 Umweltbewertung mittels Ökobilanz	26
2.3.4 Monetärer Produktsystemnutzen	29
2.3.5 Ökoeffizienzquantifizierung	30
2.3.6 Auswertung	32
3 Methodenentwicklung	34
3.1 „Erfurter Methode“	34
3.1.1 Bewertungskonzept	34
3.1.2 Bewertungsablauf	37
3.2 Umweltbewertung	45
3.2.1 Vorgehensweise	45
3.2.2 Umweltleistung	46
3.2.2.1 Definition	46

3.2.2.2	Anlagenkomponenten	49
3.2.2.3	Endenergieträger	62
3.2.3	Umweltleistungsindikator	75
3.2.4	Spezifische Umweltleistung	75
3.2.4.1	Definition	75
3.2.4.2	Sachbilanz	76
3.2.4.3	Wirkungsabschätzung	86
3.2.5	Unsicherheitsanalyse	98
3.2.5.1	Unsicherheit	98
3.2.5.2	Standardfehler der Regression	101
3.2.5.3	Stichprobenstandardabweichung	102
3.3	Wirtschaftlichkeitsbewertung	106
3.3.1	Vorgehensweise	106
3.3.2	Wirtschaftlichkeit	109
3.3.2.1	Definition	109
3.3.2.2	Anlagenkomponenten	109
3.3.2.3	Endenergieträger	113
3.3.3	Wirtschaftlichkeitsindikator	119
3.4	Ökoeffizienzbewertung	119
3.4.1	Ökoeffizienz	119
3.4.2	Ökoeffizienzindikator	120
3.4.3	Ökoeffizienznomogramm	121
4	Methodenanwendung	127
4.1	Bewertungsszenario	127
4.1.1	Zielsetzung und Untersuchungsrahmen	127
4.1.2	Umwelt- und Wirtschaftlichkeitsbewertung	129
4.2	Ergebnisinterpretation	130
4.2.1	Umweltbewertung	130
4.2.2	Wirtschaftlichkeitsbewertung	132
4.2.3	Ökoeffizienzbewertung	133
4.2.4	Unsicherheitsanalyse	134
5	Zusammenfassung	140
5.1	Fazit	140
5.2	Ausblick	142
Anhang A	Ergänzungen zur Nachhaltigkeitsbewertung	145
A.1	Lebenszyklusbasierte Nachhaltigkeitsbewertungsmethoden	145
A.2	Methodenauswahl	145

Anhang B Ergänzungen zur Methodenentwicklung	148
B.1 Berechnung der Skalierfaktoren	148
B.2 Spezifische Umweltleistung und deren Unsicherheit	148
B.3 Sachbilanzpläne der Anlagenkomponente <i>Fußbodenheizung</i>	151
B.4 Datenbanken zur Ökobilanzierung	160
B.5 Korrektur des Fernwärmemix	166
Anhang C Ergänzungen zur Methodenanwendung	170
C.1 Energetische Bewertung	170
C.2 Unsicherheitsanalyse	170
Literatur	178

Kurzfassung

Die vorliegende Dissertation greift eine aktuell zur Diskussion gestellte und sich abzeichnende Änderung in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden und wärmetechnischen Anlagen sowie deren Endenergieträgern auf. Es ist zu vermuten, dass die gegenwärtige Verfahrensweise gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) künftig zu praktischen Problemen führt und eine Neuausrichtung erforderlich ist. Der nichterneuerbare Primärenergiebedarf wird in Zukunft nicht als alleinige Umweltbewertungsgröße für die Auswahl wärmetechnischer Anlagen sowie deren Endenergieträger ausreichend sein. Dies gilt besonders für die Umsetzung bevorstehender politischer Klima- und Umweltschutzanforderungen, wie die weitere Reduzierung von Treibhausgasen oder Ressourceneinsparungen.

Die Herausforderung für Systemplaner besteht somit zunehmend in der Aufgabe, ganzheitlich nachhaltige Anlagen zu konzipieren und zu errichten. In diesem Zusammenhang müssen die Akteure mehr oder weniger bewusst die Frage beantworten, welche mögliche Anlagenvariante für ein gegebenes Gebäude die gestellten Nachhaltigkeitskriterien im Zusammenwirken mit den baulichen Wärmeschutzmaßnahmen optimal erfüllt. Um diese komplexe Aufgabenstellung zu lösen sowie eine umfängliche Beurteilung wärmetechnischer Anlagen hinsichtlich ihrer Umweltbeeinflussung und Nachhaltigkeit vornehmen zu können, sind neue, erweiterte und ganzheitliche Bewertungsinstrumente notwendig. Mit Blick auf die Problemstellung sowie den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik wurde das primäre Ziel dieser Forschungsarbeit formuliert. Es sollte ein geeignetes quantitatives Bewertungsinstrument zur Ökoeffizienzbewertung wärmetechnischer Anlagen entwickelt und bereitgestellt werden.

In dieser Dissertation wird unter dem Arbeitstitel „Erfurter Methode“ eine mögliche Lösung vorgeschlagen. Sie verknüpft ökologische und ökonomische Größen zu einem gemeinsamen Nachhaltigkeitsindikator. Die Beurteilung erfolgt ganzheitlich über den gesamten Lebensweg. Für die Umweltbewertung und die Aggregation der Bewertungsgrößen zu einem Vergleichsindikator mussten neue Ansätze entwickelt werden. Mit der vorliegenden Umweltbewertungsmethode und der zugehörigen Umweltleistungsermittlung der Anlagenkomponenten stellt die Methode gegenüber dem Primärenergieverfahren eine zukunftsweisende Erweiterung dar. Zur ökonomischen Beurteilung konnte hingegen auf bekannte Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung zurückgegriffen werden. Insbesondere mit dem Ökoeffizienzindikator als vollaggregiertem Vergleichsindikator ist die quantitative Verknüpfung ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeitsbewertungsergebnisse möglich. Er wird zudem genutzt, um bei mehreren wärmetechnischen Anlagenvarianten für ein Gebäude die vorteilhafteste (ökoeffizienteste) Lösung zu finden. Zur

einfachen Ergebnisinterpretation wurde zusätzlich ein Ökoeffizienznomogramm entwickelt. Es stellt die Resultate der Umwelt-, Wirtschaftlichkeits- und Ökoeffizienzbewertung mehrerer Anlagenvarianten gegenüber und ist für deren Vergleich nutzbar.

Künftig soll die „Erfurter Methode“ auch auf andere gebäudetechnische Anlagen (Sanitär-, Klimatechnik) und das gesamte Gebäude erweitert werden. Ebenso ist die Bewertung sozialer Aspekte mit dem Ziel einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbeurteilung angedacht.

Abstract

This dissertation deals with a currently discussed and emerging change in the environmental and sustainability assessment of buildings, heating systems and their final energy sources. Presumably, the current procedure according to the Germany Energy Saving Ordinance (EnEV) will lead to future practical problems and a realignment will be necessary. In the future, the non-renewable primary energy demand will not be sufficient as the only environmental assessment value for the selection of heating systems and their final energy sources. This applies particularly to the implementation of upcoming political climate and environmental protection requirements, such as the further reduction of greenhouse gases or resource savings.

Therefore, the challenge for system planners is increasingly to design and build holistically sustainable installations. In this context, the participants have to answer more or less consciously the question of which system variant for a given building best meets the sustainability requirements in conjunction with the structural thermal protection measures. In order to solve this complex task and to carry out a comprehensive assessment of heating systems with regard to their environmental impact and sustainability, new expanded and holistic assessment instruments are needed. The primary goal of this research work was formulated in view of the problem and the current state of science and technology. A suitable quantitative assessment tool for the eco-efficiency assessment of heating systems had to be developed and made available.

In this dissertation, a possible solution is proposed under the working title "Erfurt Method". It combines ecological and economic parameters into a joint sustainability indicator. The assessment considers the entire life cycle. New approaches had to be developed for the environmental assessment and the aggregation of the assessment parameters into a single comparative indicator. With the present environmental assessment method and the associated environmental performance determination of system components, the procedure represents a forward-looking extension compared to the primary energy method. For the economic assessment, however, known methods of profitability analysis could be used. The eco-efficiency indicator in particular, as a fully aggregated comparison indicator, enables the quantitative combination of ecological and economic sustainability assessment results. It is also used to find the most favorable (eco-efficient) solution for a building from several heating systems. In addition, an eco-efficiency nomogram was developed for easy interpretation of the outcome. It shows the results of the environmental, economic and eco-efficiency assessment of the system variants and can be used for their comparison.

In the future, the “Erfurt Method” is to be expanded to include other building technology systems (sanitary, air conditioning) and the entire building. The evaluation of social aspects, aiming at a holistic sustainability assessment, is also being considered.

Nomenklatur

Abkürzungen

AA	Additional Aspects, zusätzliche Aspekte
AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme, Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
AL	Aluminium
BHKW	Blockheizkraftwerk
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BW	Brennwertkessel
CF	Carbon Footprint, CO ₂ -Fußabdruck
CH ₄	Methan
CLR	Closed-Loop Recycling, Recycling im geschlossenen Kreislauf
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DALY	Disability-adjusted loss of life years, Lebenszeitverlust aufgrund von Krankheit, Behinderung und vorzeitigem Tod
DE	Deutschland
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
ED	Ecosystem Diversity, Ökosystemdiversität
EEA	Eco-Efficiency Analysis, Eco-Efficiency Assessment, Ökoeffizienzanalyse, Ökoeffizienzbewertung
XII	

ELCA	Environmental/Ecology Life Cycle Assessment, Ökobilanz
EM	Exergiemethode, Stromverlustmethode
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme, Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung
EoL	End of Life, Lebensende
EPD	Environmental Product Declaration, Umweltproduktdeklaration
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Monomerkautschuk
EPS	expandiertes Polystyrol
EU	Europäische Union
FW	Fernwärme
GEG	Gebäudeenergiegesetz, Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GM	Gutschriftenmethode
GuD	Gas- und Dampfkraftwerk
GWP	Global Warming Potential, Treibhauspotenzial
HH	Human Health, menschliche Gesundheit
HKW	Heizkraftwerk
HS	Hochspannung
HW	Heizwerk
ILCSA	Integrated Life Cycle Sustainability Assessment, integrierte lebenszyklusbasierte Nachhaltigkeitsbewertung
KEA	kumulierter Energieaufwand
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Life Cycle Assessment, Ökobilanz
LCC	Life Cycle Costs, Lebenszykluskosten

Nomenklatur

LCEA	Life Cycle Environmental/Ecology Assessment, Ökobilanz
LCI	Life Cycle Inventory, Sachbilanz
LCIA	Life Cycle Impact Assessment, Wirkungsabschätzung
LCSA	Life Cycle Sustainability Assessment, lebenszyklusbasierte Nachhaltigkeitsbewertung
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LPG	Liquefied Petroleum Gas, Flüssiggas
m	mit
MIPS	Material-Input pro Serviceeinheit
MKWK	Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung
MS	Mittelspannung
MöK	Methode der ökologischen Knappheit
NS	Niederspannung
o	ohne
o.WG	ohne Wärmegutschrift
OLR	Open-Loop Recycling, Recycling im offenen Kreislauf
PE	Primärenergie
PE-X	vernetztes Polyethylen
PEF	Product Environmental Footprint, Umweltfußabdruck
PROSA	Product Sustainability Assessment, Produktnachhaltigkeitsbewertung
RA	Resource Availability, Ressourcenverfügbarkeit
ReCiPe	Akronym aus den Initialen der Organisationen (RIVM, Radboud University Nijmegen, Center of Environmental Sciences (CML, Leiden University), PRé Consultants), die diese Methode entwickelt haben
RNE	Rat für Nachhaltige Entwicklung
SEEBalance	Socio-Eco-Efficiency, Sozio-Ökoeffizienz-Bewertung
XIV	

SG	Standgerät
SLCA	Social Life Cycle Assessment, Sozialbilanz
TCO	Total Cost of Ownership, Gesamtbetriebskosten
TFA	Technikfolgenabschätzung
ts	thinkstep
UBP	Umweltbelastungspunkte, Einheit der bewerteten Umweltwirkung nach der UBP-Methode
ULA	Umweltleistungsanteil, Einheit der Umweltleistung nach der „Erfurter Metho- de“
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UZBP	Umweltzielbelastungspunkte
VOFI	vollständiger Finanzplan
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WE	Wohneinheiten
WF	Water Footprint, Wasser-Fußabdruck
WG	Wandgerät
WP	Wärmepumpe
WTA	wärmetechnische Anlage
ZE	Zementestrich

Formelzeichen

α	Anteil, Aufteilungsfaktor
β	Jahresheizwärme-, Energiebedarfs-, Energieanteil, spezifische Exergie, Strom- verlustkoeffizient
Δ	Differenz

Nomenklatur

η	Nutzungsgrad
\hat{Y}	Regressionsfunktionswert
ϕ	Raumheizlast
ρ	Dichte, Raumgewicht
σ	Stromkennzahl, Standardabweichung der Grundgesamtheit
ε	relative Genauigkeit, relative Abweichung des Stichprobenmittelwertes vom Mittelwert der Grundgesamtheit
ϑ	Temperatur
\dot{Q}	Leistung, Wärmeleistung
c	Konstante nach ReCiPe $\left(\frac{10^{11}}{a}\right)$
e	Anlagenaufwandszahl, <i>Eulersche Zahl</i>
f	Faktor, Funktion
m	Masse
TA	Amortisationsdauer
TN	Nutzungsdauer einer Anlagenkomponente
u	spezifische Umweltleistung
VA	Verlegeabstand von Fußbodenheizungsrohren
v	empirischer Variationskoeffizient
\bar{u}	Mittelwert der simulierten spezifischen Umweltleistung
a, b, c, d, e	Koeffizienten, Konstanten
AN	Annuität
A	Ein-/Auszahlungen, Ausgaben
a	Aufteilungsfaktor, Annuitätenfaktor
B	Bauhöhe, Barwert
b	preisdynamischer Barwertfaktor

D	Durchmesser
d	Diskontierungssummenfaktor
E	Einzahlungen, Einnahmen, Erlöse
G	Gewichtungsfaktor
g	Faktor zur simulativen Gewichtung der Schadenskategorien für die Umweltwirkungsabschätzung
I	Investitionskosten
KI	Konfidenzintervall
K	Charakterisierungsfaktor, Kapitalwert, Kosten
k	Korrekturfaktor, spezifische Kosten
l	Länge
N	Umfang der Grundgesamtheit oder Population
n	Stichprobenumfang, Ersatzhäufigkeit
P	Leistung, elektrische Leistung, Anteilsschätzer, Anteil der Werte unter- oder oberhalb des Mittelwertes einer Grundgesamtheit
p	Anzahl unabhängiger Variablen, Freiheitsgrade
Q	Energie, Wärmebedarf
q	Abzinsungsfaktor, Zinsfaktor
R^2	Bestimmtheitsmaß
R	Widerstand, Wärmewiderstand, Restwert
r	Preisänderungsfaktor
SE_R	standard error of regression, Standardregressionsfehler
SQR	sum of squares residual, Residuenquadratsumme
SQ	sum of squares, Abweichungsquadratsumme
s	Stärke, Wand- bzw. Materialstärke, Stichprobenstandardabweichung

Nomenklatur

<i>TB</i>	Betrachtungszeitraum
<i>T</i>	Typ, Heizkörpertyp, thermodynamische Temperatur
<i>UI</i>	Umweltleistungsindikator
<i>UWI</i>	Ökoeffizienzindikator
<i>UW</i>	Umweltwirkung, charakteristische Menge einer Umweltwirkungskategorie (Schadenskategorie)
<i>U</i>	Umweltleistung
<i>V</i>	Volumen
<i>WI</i>	Wirtschaftlichkeitsindikator
<i>W</i>	Wirtschaftlichkeit, Energie, Hilfsenergiebedarf
<i>x</i>	Elementarflussmenge
<i>Y</i>	Auslegungsgröße, Bezugsauslegungsgröße, empirischer Wert einer Zufallsgröße oder eines Merkmals
<i>Z</i>	Zahl, Anzahl
<i>z</i>	Quantil, z-Wert, zentrale Wahrscheinlichkeit der Standardnormalverteilung

Indizes

λ	Wärmeleitfähigkeit
<i>0</i>	Investitionszeitpunkt
\dot{Q}	Leistung, Wärmeleistung, wärmeleistungsbezogen
<i>A</i>	Stromerzeugung, Ein-/Auszahlungen, Ausgaben
<i>B</i>	Barwert
<i>f</i>	Faktor, faktorbezogen
<i>H</i>	heating value, Energiegehalt

<i>i, j, k</i>	laufender Zeiger
<i>K</i>	Kapitalwert
<i>Q</i>	Energie, Wärmebedarf
<i>t</i>	laufender Zeiger einer Periode
<i>UI</i>	Umweltleistungsindikator
<i>UWI</i>	Ökoeffizienzindikator
<i>U</i>	Umweltleistung
<i>u</i>	spezifische Umweltleistung
<i>WI</i>	Wirtschaftlichkeitsindikator
<i>A</i>	Anlagenkomponente
<i>a</i>	annual, jährlich, außen
All	Allokation, Zuordnung, Zuteilung
Ausl	Auslegung
<i>B</i>	Boden, Fußbodenbelag, Betrieb
<i>b</i>	building energy use, Nutzenergiebedarf
betr.	betriebsgebunden
<i>C</i>	<i>Carnot</i> , <i>Carnot</i> -Wirkungsgrad, <i>Carnot</i> -Faktor
CHP	combined heat and power, Kraft-Wärme-Kopplung
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
<i>D</i>	Dimensionierung, Auslegung
Dä	Dämmung, Isolierung
<i>E</i>	Endenergieträger, Endenergie, Erlöse, Entsorgung
<i>e</i>	elektrisch
ED	Ecosystem Diversity, Ökosystemdiversität
EP	Endpoint

Nomenklatur

Er	Erzeugung
Ers	Ersatz
f	End-, final, delivered
FBH	Fußbodenheizung
FW	Fernwärme
G	Grund, Grundpreis, Gewichtung
H	Herstellung
HE	Hilfsenergie
HH	Human Health, menschliche Gesundheit
HL	Heizlast
HP	heating plant, Heizwerk
i	inferior (unterer), innen
IN	Instandhaltung
Inst	Instandsetzung
K	kapitalgebunden
k	laufender Zeiger der Umweltschadenskategorie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
L	Lüftungswärmeverluste
m	mittel, mittlere Temperatur der Wärmeeinspeisung
N	Bezugsnormal, Norm, Nennwert, Nutzung
ne	netto
o	oberer
oEr	ohne Erzeugung
oG	ohne Gewichtung
p	Primär-, primary
XX	

PH	Plattenheizkörper
RA	Resource Availability, Ressourcenverfügbarkeit
ReCiPe	ReCiPe-Methode
Ref	Referenz
S	Sonstige, Szenario
s	superior (oberer), simulativ
sonst.	sonstiges
Sp	Speicherung
SR	Stahlradiator
T	Transmissionswärmeverluste
U	Umgebung
u	unterer
Ue	Übergabe
V	bedarfsgebunden, früher: verbrauchsgebunden
Ve	Verteilung
verbr.	verbrauchsgebunden
W	Warmwasserbereitung, Wert
W.Insp	Wartung und Inspektion
WE	Wärmeerzeuger
Äq.	Äquivalente

