
Erneuerbare Energien

Martin Kaltschmitt · Wolfgang Streicher ·
Andreas Wiese
(Hrsg.)

Erneuerbare Energien

Systemtechnik · Wirtschaftlichkeit ·
Umweltaspekte

6., vollständig neu überarbeitete Auflage

 Springer Vieweg

Hrsg.

Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt
Technische Universität Hamburg (TUHH)
Hamburg, Deutschland

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher
Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich

Prof. Dr.-Ing. Andreas Wiese
GOPA – International Energy Consultants GmbH
Bad Homburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-61189-0

ISBN 978-3-662-61190-6 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61190-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 1993, 1997, 2003, 2006, 2013, 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: Alberto Masново (über Shutterstock)

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Die Nutzung regenerativer Energien zur Energieversorgung ist nicht neu; in der Geschichte der Menschheit waren erneuerbare Energien sehr lange Zeit die primär genutzte Möglichkeit zur Energiebereitstellung. Dies änderte sich erst mit der industriellen Revolution, in der die einfach erschließbaren Vorkommen an Braun- und Steinkohle zunehmend genutzt wurden und letztlich den Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert ermöglichten. Später kam Erdöl hinzu, das weltweit aufgrund seiner Vorteile u. a. in Bezug auf Transport und Verarbeitung zum heute primär eingesetzten Energieträger wurde. In den letzten Jahrzehnten gewann und gewinnt – unter den fossilen Energieträgern – Erdgas für die Raumheizung und die Stromerzeugung aufgrund ausreichender Verfügbarkeit immer mehr an Bedeutung. Mit dem deutlich zunehmenden Einsatz der fossilen Energieträger zur Energieversorgung ging bis Ende des 20. Jahrhunderts zumindest in den Industriestaaten sukzessive der Einsatz regenerativer Energien sowohl relativ als z. T. auch absolut zurück; abgesehen von wenigen Ausnahmen hatten sie bezogen auf das Gesamtenergieaufkommen um die Jahrtausendwende sehr stark an Bedeutung verloren. Diese Tendenz scheint sich aber in den letzten beiden Jahrzehnten kontinuierlich und nachhaltig umzukehren; regenerative Energien gewinnen – energiewirtschaftlich relevant – erneut an Bedeutung im globalen Energiesystem.

Die Nutzung fossiler Energieträger ist auch mit einer Reihe von Nachteilen verbunden, die von einer bezüglich möglicher Umwelt- und insbesondere Klimagefahren zunehmend sensibilisierten Industriegesellschaft in den zwanziger Jahren des 21. Jahrhunderts immer weniger toleriert werden. Deshalb hat die Suche nach umwelt- und klimaverträglichen sowie allgemein akzeptierbaren Alternativen zur Energiebereitstellung aus fossilen Energien – und darunter sind hier sowohl die fossil-biogenen (d. h. Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle) als auch die fossil-mineralischen Energieträger (d. h. Uran) zu verstehen – weiter an Bedeutung gewonnen. Hier werden in die vielfältigen Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energien, die in den letzten Jahren immer weitergehend genutzt wurden, große Hoffnungen und Erwartungen gesetzt – sowohl global als auch insbesondere in Europa und hier im Speziellen im deutschsprachigen Raum.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des vorliegenden Buches, für wichtige Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energien zur Bereitstellung thermischer und elektrischer Energie die physikalischen, technischen und systemischen Grundlagen und Zusammen-

hänge umfassend darzustellen. Dazu wird zunächst auf die Charakteristik des regenerativen Energieangebots eingegangen. Anschließend werden die Techniken einer Wärmebereitstellung aus passiven und aktiven Solarsystemen, aus der Umgebungswärme sowie aus geothermischer Energie dargestellt. Auch wird auf die Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie aus solarer Strahlung über die Photovoltaik, aus der Windenergie, aus der Wasserkraft und aus der tiefen Erdwärme eingegangen. Außerdem werden die Möglichkeiten einer solarthermischen Stromerzeugung und einer Nutzung der Energien des Meeres diskutiert. Lediglich die Möglichkeiten einer energetischen Biomassenutzung werden hier nicht detailliert dargestellt; hierzu sei auf Kaltschmitt et al. (2016)¹ verwiesen. Da regenerative Energien meist im Kontext übergeordneter Energiesysteme genutzt werden, wird auch das Thema der Speicherung thermischer und elektrischer Energie adressiert. Zusätzlich wird auf Energienetze eingegangen (d. h. elektrische Versorgungsnetze sowie Nah- und Fernwärmenetze).

Für wesentliche Möglichkeiten zur Nutzung regenerativer Energien werden zusätzlich aktuelle Kennzahlen für eine ökonomische, ökologische und systemische Bewertung zur Verfügung gestellt. Damit lassen sich die Chancen und Grenzen der verschiedenen Optionen zur Nutzung des regenerativen Energieangebots – jeweils bezogen auf die Gegebenheiten im deutschsprachigen Raum – auch im Vergleich zu den jeweils substituierbaren Systemen auf Basis fossiler Energieträger besser beurteilen und bewerten.

Die hier vorliegende 6. Auflage stellt eine vollständig überarbeitete und teilweise neu strukturierte sowie wesentlich erweiterte Fassung der 5. Auflage dar, die 2013 erschienen ist. Neben der Nutzung des regenerativen Energieangebots wurden insbesondere die Möglichkeiten einer Sonnenenergienutzung zur Wärmebereitstellung, einer Nutzung der Umgebungswärme, einer photovoltaischen Stromerzeugung, einer Onshore- und Offshore-Windstromerzeugung und einer Stromerzeugung aus Wasserkraft den aktuellen technischen, ökonomischen und ökologischen Entwicklungen angepasst; teilweise wurden die Kapitel inhaltlich deutlich erweitert und bisher nicht adressierte Themen und Aspekte integriert. Außerdem wurden die Energiespeicherung sowie die Energienetze neu aufgenommen, da mit einer zunehmenden Nutzung des regenerativen Energieangebots sich die jeweiligen Energiesysteme stark verändern und dies unmittelbar die Verteilnetze und die Speichernotwendigkeiten beeinflusst.

Die vorliegende Ausarbeitung wäre ohne die Unterstützung einer Vielzahl unterschiedlichster Personen und Institutionen nicht möglich gewesen. Ihnen allen sei an dieser Stelle, ebenso wie dem Verlag, für die kooperative, konstruktive und lösungsorientierte Zusammenarbeit und z. T. sehr weitgehende Unterstützung sehr herzlich gedankt. Unser größter Dank gilt dabei den Autoren für die gute, engagierte und konstruktive Zusammenarbeit und ihre große Geduld. Auch sei den Autoren, die in früheren Auflagen motiviert mitgewirkt haben, nochmals von Herzen gedankt; ohne ihre wertvolle Mitarbeit wäre die 6. Auflage dieses Buches nicht möglich gewesen. Letztlich sein insbesondere auch Nicol-

¹ Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2016, 3. Auflage.

le Brinkhus, Sarah Flashaar, Paula Alberts, Benjamin Klepsch, Yannick Piguel, Katharina Geyer und Chiara Schenk für ihre große Unterstützung bei der Erstellung der vielen neuen Grafiken bzw. bei der Überarbeitung vorhandener Abbildungen, dem Recherchieren aktueller Daten und beim Durchlaufen der unzähligen Korrekturschleifen sehr herzlich gedankt.

Hamburg, Innsbruck, Frankfurt
August 2020

Martin Kaltschmitt
Wolfgang Streicher
Andreas Wiese

Inhaltsübersicht

Teil I Erneuerbare Energien in Mitteleuropa

1	Einführung und Aufbau	3
1.1	Energiesystem	4
1.2	Nutzungsmöglichkeiten regenerativer Energien	23
1.3	Aufbau und Vorgehen	26
1.4	Konventionelle Vergleichssysteme	44
	Literatur	57
2	Grundlagen des regenerativen Energieangebots	59
2.1	Energiebilanz der Erde	60
2.2	Solare Strahlung	72
2.3	Umgebungswärme	92
2.4	Windenergie	109
2.5	Lauf- und Speicherwasserangebot	135
2.6	Photosynthetisch fixierte Energie	154
2.7	Erdwärme	169
	Literatur	188
3	Passive Sonnenenergienutzung	193
3.1	Physikalische Grundlagen	196
3.2	Systemtechnische Beschreibung	204
3.3	Potenziale und Nutzung	235
	Literatur	237
4	Solarthermische Wärmenutzung	239
4.1	Physikalische Grundlagen	239
4.2	Systemtechnische Beschreibung	249
4.3	Ökonomische und ökologische Analyse	301
4.4	Potenziale und Nutzung	324
	Literatur	337

5	Photovoltaische Stromerzeugung	339
5.1	Physikalische Grundlagen	339
5.2	Systemtechnische Beschreibung	354
5.3	Ökonomische und ökologische Analyse	432
5.4	Potenziale und Nutzung	446
	Literatur	458
6	Stromerzeugung aus Windenergie	461
6.1	Physikalische Grundlagen	461
6.2	Systemtechnische Beschreibung	481
6.3	Ökonomische und ökologische Analyse	542
6.4	Potenziale und Nutzung	568
	Literatur	579
7	Stromerzeugung aus Wasserkraft	583
7.1	Grundlagen	583
7.2	Systemtechnische Beschreibung	592
7.3	Ökonomische und ökologische Analyse	656
7.4	Potenziale und Nutzung	671
	Literatur	682
8	Nutzung von Umgebungswärme	685
8.1	Grundlagen	689
8.2	Systemtechnische Beschreibung	713
8.3	Ökonomische und ökologische Analyse	763
8.4	Potentiale und Nutzung	782
	Literatur	791
9	Nutzung tiefer geothermischer Systeme	793
9.1	Physikalische Grundlagen	795
9.2	Systemtechnische Beschreibung	809
9.3	Ökonomische und ökologische Analyse	875
9.4	Potenziale und Nutzung	902
	Literatur	919
10	Zusammenfassender Vergleich	923
10.1	Bereitstellung elektrischer Energie	923
10.2	Bereitstellung thermischer Energie	962
 Teil II Erneuerbare Energien und Energiesystemkomponenten		
11	Solarthermische Stromerzeugung	995
11.1	Physikalische Grundlagen	999
11.2	Parabolrinnen-Kraftwerke	1008

11.3	Solarturmkraftwerke	1029
11.4	Dish / Stirling-Systeme	1050
11.5	Aufwindkraftwerke	1056
11.6	Solarteiche	1060
	Literatur	1063
12	Nutzung der Energien des Meeres	1067
12.1	Wellennutzung	1067
12.2	Gezeitennutzung	1077
12.3	Weitere Nutzungsmöglichkeiten	1082
	Literatur	1087
13	Energetische Nutzung von Biomasse	1089
13.1	Aufbau typischer Bereitstellungsketten	1090
13.2	Wandlungsmöglichkeiten in End- bzw. Nutzenergie	1092
	Literatur	1095
14	Speicher	1097
14.1	Direkte Energiespeicherung	1101
14.2	Magnetische Energie	1113
14.3	Mechanische Energie	1118
14.4	Physikalisch-chemische Energie	1128
	Literatur	1151
15	Stromnetze	1153
15.1	Grundlagen	1154
15.2	Netzelemente	1162
15.3	Netzstrukturen	1191
15.4	Leistungsflüsse und Lastflussberechnung	1195
15.5	Leistungsbilanzen	1198
	Literatur	1202
16	Wärmenetze	1203
16.1	Charakterisierung	1204
16.2	Komponenten	1209
16.3	Betrieb	1224
	Literatur	1225
	Energieeinheiten	1227
	Stichwortverzeichnis	1229

Inhaltsverzeichnis

Teil I Erneuerbare Energien in Mitteleuropa

1	Einführung und Aufbau	3
	Martin Kaltschmitt, Lucas Sens und Wolfgang Streicher ^a	
1.1	Energiesystem	4
1.1.1	Energiebegriffe	4
1.1.2	Weltweiter Energieverbrauch	8
1.1.3	Energieverbrauch in der EU	13
1.1.4	Energieverbrauch in Deutschland	16
1.1.5	Energieverbrauch in Österreich	20
1.2	Nutzungsmöglichkeiten regenerativer Energien	23
1.2.1	Erneuerbare Energien	23
1.2.2	Untersuchte Möglichkeiten	25
1.3	Aufbau und Vorgehen	26
1.3.1	Physikalische Grundlagen	27
1.3.2	Systemtechnische Beschreibung	27
1.3.3	Ökonomische und ökologische Analyse	28
1.3.4	Potenziale und Nutzung	38
1.4	Konventionelle Vergleichssysteme	44
1.4.1	Randbedingungen	44
1.4.2	Techniken zur Strombereitstellung	46
1.4.3	Techniken zur Wärmebereitstellung	51
	Literatur	57
2	Grundlagen des regenerativen Energieangebots	59
	Beate Geyer, Klaus Jorde, Martin Kaltschmitt, Iris Lewandowski, Ben Norden, Wolfgang Streicher und Andreas Wiese ^a	
2.1	Energiebilanz der Erde	60
2.1.1	Erneuerbare Energiequellen	60
2.1.2	Atmosphäre	67
2.1.3	Bilanz der Energieströme	70

2.2	Solare Strahlung	72
2.2.1	Grundlagen	72
2.2.2	Räumliche und zeitliche Angebotscharakteristik	81
2.3	Umgebungswärme	92
2.3.1	Grundlagen	92
2.3.2	Räumliche und zeitliche Angebotscharakteristik	102
2.4	Windenergie	109
2.4.1	Grundlagen	109
2.4.2	Räumliche und zeitliche Angebotscharakteristik	120
2.5	Lauf- und Speicherwasserangebot	135
2.5.1	Grundlagen	135
2.5.2	Räumliche und zeitliche Angebotscharakteristik	142
2.6	Photosynthetisch fixierte Energie	154
2.6.1	Produktion organischer Masse durch Photosynthese	155
2.6.2	Räumliche und zeitliche Angebotscharakteristik	164
2.7	Erdwärme	169
2.7.1	Grundlagen	169
2.7.2	Räumliche und zeitliche Angebotscharakteristik	182
	Literatur	188
3	Passive Sonnenenergienutzung	193
	Martin Kaltschmitt, Marina Stegelmeier und Wolfgang Streicher ^a	
3.1	Physikalische Grundlagen	196
3.1.1	Energiebilanz eines bestrahlten Körpers	196
3.1.2	Kenngößen	199
3.2	Systemtechnische Beschreibung	204
3.2.1	Systemelemente	204
3.2.2	Funktionale Systeme	228
3.3	Potenziale und Nutzung	235
3.3.1	Potenziale	236
3.3.2	Nutzung	236
	Literatur	237
4	Solarthermische Wärmenutzung	239
	Martin Kaltschmitt, Agis Papadopoulos, Lucas Sens und Wolfgang Streicher ^a	
4.1	Physikalische Grundlagen	239
4.1.1	Optische Eigenschaften von Absorbern	240
4.1.2	Optische Eigenschaften von Abdeckungen	242
4.1.3	Energiebilanz	242
4.1.4	Wirkungsgrad und solarer Deckungsgrad	246
4.2	Systemtechnische Beschreibung	249
4.2.1	Kollektoren	249
4.2.2	Weitere Systemelemente	268

4.2.3	Anlagenkonzepte und Anwendungen	283
4.2.4	Energiewandlungskette und Verluste	297
4.3	Ökonomische und ökologische Analyse	301
4.3.1	Referenzanlagen	301
4.3.2	Ökonomische Analyse	309
4.3.3	Ökologische Analyse	317
4.4	Potenziale und Nutzung	324
4.4.1	Potenziale	324
4.4.2	Nutzung	330
	Literatur	337
5	Photovoltaische Stromerzeugung	339
	Roland Bründlinger, Daniel Christ, Hubert Fechner, Martin Kaltschmitt, Jörg Müller, Gerhard Peharz, Detlef Schulz und Lucas Sens ^a	
5.1	Physikalische Grundlagen	339
5.1.1	Bändermodell	340
5.1.2	Leiter, Nichtleiter und Halbleiter	341
5.1.3	Leitungsmechanismen in Halbleitern	345
5.1.4	Photoeffekt	348
5.1.5	<i>p-n</i> -Übergang	350
5.1.6	Photovoltaischer Effekt	351
5.2	Systemtechnische Beschreibung	354
5.2.1	Photovoltaikzelle und -modul	354
5.2.2	Weitere Systemkomponenten	393
5.2.3	Gesamtsysteme	420
5.2.4	Energiewandlungskette, Verluste und Leistungskennlinie	429
5.3	Ökonomische und ökologische Analyse	432
5.3.1	Referenzanlagen	433
5.3.2	Ökonomische Analyse	434
5.3.3	Ökologische Analyse	438
5.4	Potenziale und Nutzung	446
5.4.1	Potenziale	446
5.4.2	Nutzung	452
	Literatur	458
6	Stromerzeugung aus Windenergie	461
	Martin Kaltschmitt, Burcu Özdirik, Britta Reimers, Michael Schlüter, Detlef Schulz und Lucas Sens ^a	
6.1	Physikalische Grundlagen	461
6.1.1	Idealisierte Windenergiekonverter	462
6.1.2	Widerstands- und Auftriebsprinzip	468
6.1.3	Konverterregelung	478

6.2	Systemtechnische Beschreibung	481
6.2.1	Systemelemente	482
6.2.2	Gesamtsystemaspekte	522
6.2.3	Energiewandlungskette, Verluste und Leistungskennlinie	535
6.3	Ökonomische und ökologische Analyse	542
6.3.1	Referenzanlagen	543
6.3.2	Ökonomische Analyse	545
6.3.3	Ökologische Analyse	551
6.4	Potenziale und Nutzung	568
6.4.1	Potenziale	568
6.4.2	Nutzung	572
	Literatur	579
7	Stromerzeugung aus Wasserkraft	583
	Markus Aufleger, Franz Joos, Klaus Jorde, Martin Kaltschmitt, Anne Rödl, Michael Schlüter und Lucas Sens ^a	
7.1	Grundlagen	583
7.2	Systemtechnische Beschreibung	592
7.2.1	Aufbau, Systematisierung und Bauformen	592
7.2.2	Wasserbauliche Komponenten	604
7.2.3	Energietechnische Komponenten	616
7.2.4	Energiewandlungskette, Verluste und Leistungsplan	650
7.3	Ökonomische und ökologische Analyse	656
7.3.1	Referenzanlagen	656
7.3.2	Ökonomische Analyse	658
7.3.3	Ökologische Analyse	661
7.4	Potenziale und Nutzung	671
7.4.1	Potenziale	672
7.4.2	Nutzung	675
	Literatur	682
8	Nutzung von Umgebungswärme	685
	Martin Kaltschmitt, Lucas Sens, Wolfgang Streicher und Felix Ziegler ^a	
8.1	Grundlagen	689
8.1.1	Grundlegende Zusammenhänge	689
8.1.2	Prozesse mit mechanischem Antrieb	695
8.1.3	Prozesse mit thermischem Antrieb	702
8.1.4	Kennzahlen	707
8.2	Systemtechnische Beschreibung	713
8.2.1	Wärmequelle	713
8.2.2	Wärmepumpen	735
8.2.3	Wärmesenke und Betriebsweisen	749

8.2.4	Gesamtsystem	754
8.3	Ökonomische und ökologische Analyse	763
8.3.1	Referenzanlagen	763
8.3.2	Ökonomische Analyse	766
8.3.3	Ökologische Analyse	773
8.4	Potentiale und Nutzung	782
8.4.1	Potentiale	782
8.4.2	Nutzung	787
	Literatur	791
9	Nutzung tiefer geothermischer Systeme	793
	Sebastian Janczik, Martin Kaltschmitt, Ben Norden und Lucas Sens ^a	
9.1	Physikalische Grundlagen	795
9.1.1	Wärmeübertragung im Gestein	796
9.1.2	Physikalisch-hydraulische Gesteinseigenschaften	802
9.1.3	Physikalisch-chemische Aspekte der Geofluide	807
9.2	Systemtechnische Beschreibung	809
9.2.1	Erschließung geothermischer Systeme	812
9.2.2	Energetische Nutzung geothermischer Systeme	836
9.2.3	Anlagenkonzepte	859
9.3	Ökonomische und ökologische Analyse	875
9.3.1	Referenzanlagen	875
9.3.2	Ökonomische Analyse	880
9.3.3	Ökologische Analyse	887
9.4	Potentiale und Nutzung	902
9.4.1	Potentiale	902
9.4.2	Nutzung	911
	Literatur	919
10	Zusammenfassender Vergleich	923
	Martin Kaltschmitt und Lucas Sens ^a	
10.1	Bereitstellung elektrischer Energie	923
10.1.1	Energieangebot	924
10.1.2	Systemtechnische Beschreibung	928
10.1.3	Ökonomische und ökologische Analyse	943
10.1.4	Potentiale und Nutzung	954
10.2	Bereitstellung thermischer Energie	962
10.2.1	Energieangebot	963
10.2.2	Systemtechnische Beschreibung	968
10.2.3	Ökonomische und ökologische Analyse	973
10.2.4	Potentiale und Nutzung	985

Teil II Erneuerbare Energien und Energiesystemkomponenten

11	Solarthermische Stromerzeugung	995
	Tobias Hirsch, Martin Kaltschmitt, Matti Lubkoll und Gerhard Weinreb ^a	
11.1	Physikalische Grundlagen	999
11.1.1	Strahlungsreflexion	1000
11.1.2	Strahlungskonzentration	1001
11.1.3	Kreisprozesse	1005
11.2	Parabolrinnen-Kraftwerke	1008
11.2.1	Parabolrinnen-Kollektoren	1009
11.2.2	Linear-Fresnel-Kollektoren	1012
11.2.3	Wärmeträgermedium	1014
11.2.4	Thermische Speicher	1015
11.2.5	Wärme-Kraft-Prozess	1019
11.2.6	Anlagenkonzepte	1022
11.3	Solarturmkraftwerke	1029
11.3.1	Heliostaten	1030
11.3.2	Heliostatenfelder	1033
11.3.3	Receiverurm und Strahlungsempfänger	1037
11.3.4	Thermische Speicher und Wärme-Kraft-Prozess	1044
11.3.5	Anlagenkonzepte	1045
11.4	Dish / Stirling-Systeme	1050
11.4.1	Parabolkonzentrator (Dish)	1050
11.4.2	Receiver	1051
11.4.3	Wärme-Kraft-Maschine	1053
11.4.4	Anlagenkonzepte	1053
11.5	Aufwindkraftwerke	1056
11.6	Solarteiche	1060
	Literatur	1063
12	Nutzung der Energien des Meeres	1067
	Jochen Bard, Kai-Uwe Graw und Martin Kaltschmitt ^a	
12.1	Wellennutzung	1067
12.1.1	Welleninduzierte Fallhöhe	1071
12.1.2	Oszillierende Wassersäule	1073
12.1.3	Hydrodynamische Bewegung	1076
12.2	Gezeitenutzung	1077
12.2.1	Gezeitenkraftwerke	1078
12.2.2	Nutzung von Ebb- und Flutstrom	1080
12.3	Weitere Nutzungsmöglichkeiten	1082
12.3.1	Unterschiedliche Wassertemperaturen	1082
12.3.2	Meeresströmungen	1085

12.3.3 Salzgehaltsunterschiede	1086
12.3.4 Meeresbiomasse	1086
Literatur	1087
13 Energetische Nutzung von Biomasse	1089
Martin Kaltschmitt	
13.1 Aufbau typischer Bereitstellungsketten	1090
13.2 Wandlungsmöglichkeiten in End- bzw. Nutzenergie	1092
13.2.1 Thermo-chemische Umwandlung	1092
13.2.2 Physikalisch-chemische Umwandlung	1093
13.2.3 Biochemische Umwandlung	1094
Literatur	1095
14 Speicher	1097
Jerrit Hilgedieck, Martin Kaltschmitt, Jelto Lange und Wolfgang Streicher ^a	
14.1 Direkte Energiespeicherung	1101
14.1.1 Elektrische Energie	1101
14.1.2 Thermische Energie	1104
14.2 Magnetische Energie	1113
14.3 Mechanische Energie	1118
14.3.1 Bewegungsenergie	1118
14.3.2 Potenzielle Energie	1120
14.3.3 Druckenergie	1123
14.4 Physikalisch-chemische Energie	1128
14.4.1 Sorptionsenergie	1128
14.4.2 Verbindungen mit unterschiedlichen Energieniveaus	1130
14.4.3 Oxid und elementarer Reinstoff	1140
14.4.4 Oxide und CH/NH-basierte Verbindungen	1146
Literatur	1151
15 Stromnetze	1153
Christian Becker	
15.1 Grundlagen	1154
15.1.1 Gleichstromsysteme	1155
15.1.2 Wechselstromsysteme	1157
15.1.3 Drehstromsysteme	1160
15.2 Netzelemente	1162
15.2.1 Drehstromkomponenten	1162
15.2.2 Leistungselektronische Stromrichter	1181
15.2.3 Hochspannungsgleichstromübertragung	1189
15.3 Netzstrukturen	1191

15.4 Leistungsflüsse und Lastflussberechnung	1195
15.5 Leistungsbilanzen	1198
Literatur	1202
16 Wärmenetze	1203
Ingo Weidlich	
16.1 Charakterisierung	1204
16.2 Komponenten	1209
16.2.1 Rohrsysteme und deren Verlegung	1210
16.2.2 Pumpen	1216
16.2.3 Hausstationen	1218
16.2.4 Speicher	1220
16.2.5 Weitere Komponenten	1222
16.3 Betrieb	1224
Literatur	1225
Energieeinheiten	1227
Stichwortverzeichnis	1229

^a Autoren in alphabetischer Reihenfolge mit Beiträgen zum Kapitel; die Autorenuordnung geht aus den einzelnen Unterkapiteln hervor.

Mitarbeiterverzeichnis

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Aufleger Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Innsbruck, Österreich

Dipl.-Phys. Jochen Bard Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, Kassel, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Christian Becker Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Elektrische Energietechnik, Hamburg, Deutschland

Dipl.-Ing. Roland Bründlinger Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, Österreich

M.Sc. Daniel Christ Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, Deutschland

Dipl.-Ing. Hubert Fechner OurPower Energiegenossenschaft SCE mbH, Wien, Österreich

Dr. Dipl.-Met. Beate Geyer Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH, Institut für Küstenforschung, Geesthacht, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. habil. Kai-Uwe Graw Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, Dresden, Deutschland

M.Sc. Jerrit Hilgedieck Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, Deutschland

Dr.-Ing. Tobias Hirsch Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Solarforschung, Stuttgart, Deutschland

Dr.-Ing. Sebastian Janczik Bützower Wärme GmbH, Bützow, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Franz Joos Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr, Energietechnik, Laboratorium für Strömungsmaschinen, Hamburg, Deutschland

Dr.-Ing. Klaus Jorde KJ Consult, Klagenfurt, Österreich

Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, Deutschland

M.Sc. Jelto Lange Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, Deutschland

Prof. Dr. Iris Lewandowski Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Stuttgart, Deutschland

Dr. Matti Lubkoll Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Solarforschung, Stuttgart, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Jörg Müller Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Mikrosystemtechnik, Hamburg, Deutschland

Dr. Ben Norden Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Sektion „Geoenergie“, Potsdam, Deutschland

Dr.-Ing. Burcu Özdirik Siemens AG, Hamburg, Deutschland

Prof. Dr. Agis Papadopoulos Aristotle Universität Thessaloniki, Thessaloniki, Griechenland

Mag. Dr. Gerhard Peharz Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz, Österreich

Dr.-Ing. Britta Reimers Northland Power Europe GmbH, Hamburg, Deutschland

Dr. Anne Rödl Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Michael Schlüter Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Mehrphasenströmungen, Hamburg, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. habil. Detlef Schulz Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr, Elektrische Energiesysteme, Hamburg, Deutschland

M.Sc. Lucas Sens Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, Deutschland

Dipl.-Ing. Marina Stegelmeier BOB project management AG, Aachen, Deutschland

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Innsbruck, Österreich

Prof. Dr.-Ing. Ingo Weidlich HafenCity Universität Hamburg (HCU), Infrastructural Engineering, Hamburg, Deutschland

Dr.-Ing. Gerhard Weinrebe Schlaich Bergermann und Partner GmbH, Stuttgart, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Andreas Wiese GOPA-International Energy Consultants GmbH, Bad Homburg, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Felix Ziegler Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, Berlin, Deutschland

Liste der Formelzeichen

a	Ionenaktivität
a	Laufindex
a_1	Hilfskonstante 1
a_2	Hilfskonstante 2
a_{Ox}	Aktivität des Redoxpartners auf der Oxidationsseite
a_{Red}	Aktivität des Redoxpartners auf der Reduktionsseite
A	Anode
A	Fläche einer wärmeleitenden Schicht
A	optisch wirksame Breite des Receivers
A	Querschnittsfläche (u. a. einer Rohrleitung, eines Leiters)
A	Skalierungsfaktor
A_{Abs}	Absorberfläche
A_{Ap}	Aperturfläche
A_G	Albedo
A_{HP}	radioaktive Wärmeproduktion
A_i	Flächen i
A_{Abd}	abstrahlende Abdeckungsoberfläche eines Solarkollektors
$A_{o,O}$	oberirdischer Abfluss von der Oberfläche (O)
AM	Air Mass
A_{HF}	Spiegelfläche des Heliostatenfeldes
A_K	Kontaktfläche
$A_{u,O}$	unterirdischer Abfluss von der Oberfläche (O)
A_W	Fläche des Wärmeübertragers
A_{WKA}	Fläche, die um eine Windkraftanlage freizuhalten ist
AZ	Aufwandszahl
b	Flügelänge
b	Wärmeeindringkoeffizient
c_a	Auftriebsbeiwert
c_a	spezifische Wärmekapazität der Luft
$c_{a,0}$	Auftriebsbeiwert bei unsymmetrischem Profil und 0° Anströmwinkel
$c_{a,Betrieb}$	Auftriebsbeiwert in Betrieb

c_K	Konzentration von Kalium (K)
$c_{p,Schmitz}$	Leistungsbeiwert mit Berücksichtigung des Nachlaufeffektes
$c_{p,th}$	theoretischer Leistungsbeiwert
c_p	realer Leistungsbeiwert
c_p	spezifische Wärmekapazität
$c_{p,Sp}$	Wärmekapazität des speichernden Körpers Sp / der speichernden Materie Sp
$c_{p,Betz}$	Betz'scher Leistungsbeiwert
$c_{p,ideal}$	idealer Leistungsbeiwert
$c_{p,max}$	maximaler Leistungsbeiwert
$c_{p,th,max}$	theoretischer, maximaler Leistungsbeiwert
c_{Th}	Konzentration von Thorium (Th)
c_U	Konzentration von Uran (U)
c_w	Widerstandsbeiwert
$c_{w,Betrieb}$	Widerstandsbeiwert im Betrieb
C	Formparameter
C	Ionenkonzentration
C	Kapazität (z. B. eines Kondensators)
C	Kollektor
C	Konzentrationsverhältnis
C	Wärmekapazität
C_1	Leiter-Erd-Kapazität Leiter 1
C_{12}	Koppelkapazität zwischen Leiter 1 und Leiter 2
C_2	Leiter-Erd-Kapazität Leiter 2
C_{23}	Koppelkapazität zwischen Leiter 2 und Leiter 3
C_3	Leiter-Erd-Kapazität Leiter 3
C_B	Betriebskapazität
C'_B	Kapazitätsbelag
C_E	Leiter-Erd-Kapazität
C_{flux}	Konzentrationsverhältnis bezogen auf die Strahlungsflussdichte
C_g	Koppelkapazität
C_{geo}	geometrisches Konzentrationsverhältnis
$C_{id,2D}$	theoretisch maximale Konzentration einachsig gekrümmter Konzentratoren
$C_{id,3D}$	theoretisch maximale Konzentration zweiachsig gekrümmter Konzentratoren
C_N	Nennkapazität
C_{ZK}	Kapazität im Gleichspannungszwischenkreis
COP	Coefficient of Performance
d	Dicke (z. B. einer wärmeleitenden Schicht, eines Bauteils)
d	Dreieckschaltung auf der Unterspannungsseite
d	Rohrdurchmesser
d_h	hydraulischer Rohrdurchmesser
d_{Rot}	Rotordurchmesser einer Windkraftanlage
d_S	Durchmesser der Sonne

D	Diffusionskoeffizient
D	Diode
D	Dreieckschaltung auf der Oberspannungsseite
D	mittlerer Durchmesser der Turbine
D	mittlerer Leiterabstand bei mehreren Leitern
D_1	mittlerer Durchmesser der Turbine am Eintritt
D_s	solarer Deckungsgrad (Definition 1)
D_{s1}	solarer Deckungsgrad (Definition 2)
e_0	Elementarladung
E	Elastizitätsmodul
E	Elektrodenpotenzial
E	Emitter
E	Energie
E	Energieniveau
E^0	Standardelektrodenpotenzial
E_{Druck}	Druckenergie
E_g	Energielücke, Bandabstand, Bandlücke
E_{kin}	kinetische Energie
$E_{Kondensator}$	Energiegehalt eines Kondensators
E_L	Energieniveau des Leitungsbandes
$E_{p,th}$	theoretische Druckenergie
E_{ph}	Quantenenergie eines Photons
E_{Pot}	potenzielle Energie
$E_{Pot,nutz}$	nutzbare potenzielle Energie
$E_{Rotation}$	Rotationsenergie
$E_{sensibel}$	sensible thermische Energie
E_{Spule}	Energiegehalt einer Spule
E_V	Energieniveau des Valenzbandes
E_{Wa}	Energie des Wassers
E_{Wi}	Energie des Windes
E_{WKA}	Energieertrag einer Windkraftanlage
f	Aktivitätskoeffizient
f	Brennweite
f	Netzfrequenz
f	Wölbung eines Profils
f_1	Frequenz in Netz 1
f_2	Frequenz in Netz 2
f_L	aktuelle Netzfrequenz
f_{L0}	Netzfrequenz in einem bekannten Zustand 0
f_p	Primärenergiefaktor
F	Brennpunkt
F	Faraday-Konstante

F	Kraft
F	Netzknotennummer der Fehlerstelle
F_A	Auftriebskraft
$F_{A,max}$	maximale Auftriebskraft
$F_{A,s}$	Schub-(Axial-)Komponente der Auftriebskraft
$F_{A,t}$	Tangential-Komponente der Auftriebskraft
F_B	Reaktionskraft
F_C	Abminderungsfaktor wegen Sonnenschutzvorrichtungen
$F_{Coriolis}$	Corioliskraft
F_D	Abminderungsfaktor wegen Scheibenverschmutzung
F_F	Abminderungsfaktor wegen Fensterrahmen
F_{Fin}	Verschattungsfaktor durch seitliche Überstände
$F_{Gradient}$	Gradientkraft
F_{Hor}	Verschattungsfaktor für den Horizont
$F_{K,U}$	Sichtwinkel, unter dem sich die im Strahlungsaustausch befindlichen Flächen „sehen“
F_{Ov}	Verschattungsfaktor durch Überhänge
F_R	gesamte auf ein Rotorblatt einwirkende (resultierende) Kraft
$F_{Sh,ob}$	Abminderungsfaktor wegen feststehender Verschattung
$F_{Sh,gl}$	Abminderungsfaktor wegen flexibler Verschattung
F_T	gesamte auf ein Rotorblatt einwirkende Tangential-Kraft
F_W	Widerstandskraft
$F_{W,s}$	Schub-(Axial-)Komponente der Widerstandskraft
$F_{W,t}$	Tangential-Komponente der Widerstandskraft
$F_{Wi,Brems}$	Kraft, mit der ein Windenergiekonverter die Windströmung abbremst
$F_{Wi,WKA}$	gesamte auf eine Windkraftanlage einwirkende Windkraft
$F_{Zentrifugal}$	Zentrifugalkraft
FF	Füllfaktor
g	Gravitationskonstante
g	Energiedurchlassgrad (z. B. eines Bauteils; g -Wert)
g	Gleichzeitigkeitsgrad
g_{diffus}	diffuser Energiedurchlassgrad (diffuser g -Wert)
G	Gate
G	Leitwert
G'	Leitwertsbelag
\dot{G}_α	von Körper / Material absorbierte Strahlung
\dot{G}_ρ	von Körper / Material reflektierte Strahlung
\dot{G}_τ	den Körper transmittierte Strahlung
\dot{G}_O	Strahlungsleistung der Sonne am äußeren Rand der Erdatmosphäre (d. h. Solarkonstante)
\dot{G}_{Df}	Diffusstrahlung auf die horizontale Empfangsfläche
$\dot{G}_{Df,g,a}$	Diffusstrahlung auf die geneigte, ausgerichtete Empfangsfläche

\dot{G}_{Dr}	Direktstrahlung auf die horizontale Empfangsfläche
$\dot{G}_{Dr,g,a}$	Direktstrahlung auf die geneigte, ausgerichtete Empfangsfläche
$\dot{G}_{Dr,inc}$	einfallende Direktstrahlung
$\dot{G}_{Dr,refl}$	reflektierte Direktstrahlung
\dot{G}_G	Globalstrahlung auf die horizontale Empfangsfläche
$\dot{G}_{G,g,a}$	Globalstrahlung auf die geneigte, ausgerichtete Empfangsfläche
$\dot{G}_{G,Kol}$	gesamte Globalstrahlung auf die Kollektorabdeckung
$\dot{G}_{G,rel}$	Globalstrahlung auf einen Quadratmeter Absorberfläche
$\dot{G}_{G,Abs}$	Globalstrahlung auf den Absorber
$\dot{G}_{R,g,a}$	auf die geneigte, ausgerichtete Empfangsfläche reflektierte Strahlung
\dot{G}_S	Strahlungsleistung der Sonne
GR	Gammastrahlung
GZ	gesetzliche Zeit
h	Enthalpie
h	geodätische Höhe
h	Höhe eines Aquifers
h	Planck'sches Wirkungsquantum
h	Potenzialhöhe
Δh	entsprechende Höhendifferenz
Δh	spezifische Enthalpie
h_1	geodätische Höhe am Bilanzpunkt 1 / Enthalpie des Zustandes 1
$h_{1,SR}$	geodätische Höhe am Saugrohranfang
h_2	geodätische Höhe am Bilanzpunkt 2 / Enthalpie des Zustandes 2
$h_{2,SR}$	geodätische Höhe am Saugrohraustritt
h_3	Enthalpie des Zustandes 3
h_4	Enthalpie des Zustandes 4
h_5	Enthalpie des Zustandes 5
h_6	Enthalpie des Zustandes 6
h_7	Enthalpie des Zustandes 7
Δh_{Antr}	Enthalpiedifferenz des Antriebs
h_{Brutto}	Bruttofallhöhe
h_F	Freihang
h_{Geo}	geodätischer Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser
h_H	Höhe eines Hügels
h_i	Auftrittswahrscheinlichkeit des Windes im Geschwindigkeitsintervall i
h_i	Zone i innerhalb eines Aquifers
Δh_{Kond}	Enthalpiedifferenz des Kondensators
h_{Netto}	Nettofallhöhe
h_{nutz}	nutzbare Fallhöhe
h_{OW}	geodätische Höhe des Oberwasserspiegels
h_R	Verlusthöhe infolge des Rohrreibungsverlustes
h_{ref}	Referenzhöhe

h_{Te}	geodätische Höhe am Turbineneingang (Te)
$h_{Träger}$	Höhe der Trägerkonstruktion
h_{UW}	geodätische Höhe des Unterwasserspiegels
Δh_{Verd}	Enthalpiedifferenz des Verdichters
H	Atmosphärenhöhe
H	Wärmeproduktion
H	Wärmequelle bzw. Wärmesenke
ΔH_R	Reaktionsenthalpie
i	bestimmter Querschnitt innerhalb der Stromröhre
i	Diskontrate
i	Geschwindigkeitsintervall
i	Netzknoten i
\hat{i}	Scheitelwert des Stroms
i_G	Gate-Stromimpuls
$i(t)$	Momentanwert des Stroms
I	Effektivwert der Stromstärke
I	elektrischer Strom
\underline{I}	komplexer Effektivwert der Stromstärke
$I_{=}$	Strom im Gleichstromkreis
I_0	Sättigungssperrstrom
I_0	Leerlaufstrom
I_1	Außenleiterstrom Leiter 1
I_{12}	Strom zwischen Knoten 1 und Knoten 2
I_2	Außenleiterstrom Leiter 2
I_{23}	Strom zwischen Knoten 2 und Knoten 3
I_3	Außenleiterstrom Leiter 3
I_5	fünfstündiger Entladestrom
I_{10}	zehnstündiger Entladestrom
I_ε	emittierte Wärmestrahlung
$I_{\varepsilon, \text{schwarz}}$	emittierte Wärmestrahlung eines schwarzen Körpers
I_{Abs}	Strahlungsflussdichte des Absorbers
I_{Ap}	Strahlungsflussdichte der Aperturbene
I_D	Strom durch die Diode (D)
I_G	Generatorstrom
I_{ges}	gesamter Investitionsaufwand
I_{ij}	Strom zwischen Knoten i und Knoten j
I_{ji}	Strom zwischen Knoten j und Knoten i
I_j	jährlicher Investitionsaufwand
I_K	Kurzschlussstrom
I_l	Leistungsstrom
I_L	Laststrom
I_L	Strom in der Zelle

I_{MPP}	Strom im Punkt maximaler Leistung (Maximum Power Point, <i>MPP</i>)
I_N	Nennstrom
I_N	Netzstrom
I_N	Neutralleiterstrom
I_{Ph}	Photostrom
I_μ	Magnetisierungsstrom
IAP	Ionenaktivitätsprodukt
j	Netzknoten j
J	Tag des Jahres
J	Trägheitsmoment
J'	Nummer des betrachteten Tages im Jahr
J_x	Trägheitsmoment um die Rotationsachse x
JAZ	Jahresaufwandszahl
k	Boltzmann-Konstante
k	Kompressionsmodul
k_A	Abstandsfaktor
$k_{A,x}$	Abstandsfaktor in Richtung der bevorzugten Windrichtung
$k_{A,y}$	Abstandsfaktor quer zur bevorzugten Windrichtung
k_f	Durchlässigkeitskoeffizient
$k_{f,i}$	Durchlässigkeitskoeffizient der Zone i
k_p	Peukert-Konstante
k_v	Wellenvektor
K	intrinsische Permeabilität
K	Kathode
K	Körper / Materie
K_F	Kapazitätsfaktor
K_L	Löslichkeitskonstante
l	Durchflusslänge
l	Länge (z. B. einer wärmeleitenden Schicht, eines Leiters, einer Rohrleitung)
l	Profillänge
$l_{\frac{1}{2}}$	Halbwertlänge
L	Induktivität einer Spule
L	Lebensdauer
L	Leitungsband
L	Modullänge
$L1$	Außenleiter 1
$L2$	Außenleiter 2
$L3$	Außenleiter 3
L_B	Betriebsinduktivität
L'_B	Induktivitätsbelag
L_D	Diffusionslänge
L_K	Induktivität der Drosselspule

L_N	Netzanschlussdrossel
L_{SE}	Entfernung zwischen Sonne und Erde
L_U	spezifische (Umfangs-)Arbeit
L_{ZK}	Induktivität im Gleichstromzwischenkreis
m	Masse
\dot{m}	Massenstrom
\dot{m}_{aus}	aus dem Becken ausfließender (Wasser-)Massenstrom
\dot{m}_{ein}	in das Becken einfließender (Wasser-)Massenstrom
\dot{m}_{ges}	gesamer Massenstrom
\dot{m}_{Kol}	Massenstrom durch den Kollektor
m_{Wa}	Masse des Wassers
m_{Wi}	Luftmasse
\dot{m}_{Wi}	Massenstrom der Luft / des Windes
$\dot{m}_{Wi,1}$	Massenstrom der Luft / des Windes an der Stelle 1
$m_{Wi,i}$	Masse der Luft / des Windes an der Stelle i
$\dot{m}_{Wi,i}$	Massenstrom der Luft / des Windes an der Stelle i
$\dot{m}_{Wi,frei}$	Massenstrom der Luft / des Windes ohne Energieentzug
M	Antriebsmoment, Drehmoment
M_A	Anfahrmoment
n	Anzahl der Wohneinheiten
n	Drehzahl
n	Index für Nennwerte
n	Konzentration der Elektronen
n	Laufindex
n_G	Generatordrehzahl
n_i	Eigenleitungskonzentration
$n_{p,0}$	örtliche Verteilung der Elektronenkonzentration ohne Beleuchtung
n_q	spezifische Drehzahl
N	Neutralleiter
N_1	Windungszahl der Primärwicklung
N_2	Windungszahl der Sekundärwicklung
N_A	Akzeptoren
N_D	Donatoren
N_L	effektive Zustandsdichte im Leitungsband
N_{Meer}	Niederschlag auf dem Meer
N_O	Niederschlag auf der Oberfläche (O)
N_V	effektive Zustandsdichte im Valenzband
O	Oberfläche
p	Druck
p	Konzentration der Defektelektronen / der Löcher
Δp	Druckdifferenz, Druckunterschied, Druckabsenkung, Druckverlust
$\Delta p'$	Druckdifferenz im Laufrad

$\Delta p''$	Druckdifferenz im Leitrad
$p_{n,0}$	örtliche Verteilung der Defektelektronen- / Löcherkonzentration ohne Beleuchtung
p_0	Druck am Bilanzpunkt 0
p_1	Druck am Bilanzpunkt 1
p_2	Druck am Bilanzpunkt 2
p_a	Wasserdruck an der Stelle a
Δp_{ges}	gesamter Druckunterschied
Δp_{Kol}	Druckunterschied des Kollektors
p_{oben}	Druck oberhalb des Profilquerschnitts
p_{OW}	Umgebungsdruck am Oberwasser
p_{Tat}	Druck am Turbinenausstritt
p_{Te}	Druck am Turbineneingang (Te)
$p(t)$	Momentanwert der Leistung
p_U	Umgebungsdruck
p_{unten}	Druck unterhalb des Profilquerschnitts
p_{UW}	Umgebungsdruck am Oberwasser
Δp_V	Verlustdruck
p_{Wa}	Wasserdruck
Δp_{Wi}	Druckunterschied in der Rotorebene
$p_{Wi,0}$	wetterbedingter Winddruck
$p_{Wi,1}$	Winddruck an der Stelle 1
$p_{Wi,2}$	Winddruck an der Stelle 2
$p_{Wi,i}$	Winddruck an der Stelle i
P	Leistung, Wirkleistung
P	Porosität
P_{12}	Leistungsfluss von Knoten 1 nach Knoten 2
P_{23}	Wirkleistungsfluss von Knoten 2 nach Knoten 3
P_{Antr}	Antriebsleistung des Verdichters einer Wärmepumpe
P_{el}	elektrische Leistung
$P_{el,i}$	elektrische Leistung des Windgeschwindigkeitsintervalls i
$P_{el,in}$	prozessintern benötigte elektrische Leistung
$P_{el,out}$	durch das Kraftwerk bereitgestellte elektrische Leistung
P_G	eingespeiste Wirkleistung
P_G	eingestrahlte Globalstrahlungsleistung
P_{ges}	Gesamtlast
P_H	Höchstlast
P_{ij}	Wirkleistungsfluss von Knoten i nach Knoten j
P_{ji}	Wirkleistungsfluss von Knoten j nach Knoten i
P_L	umgesetzte Wirkleistung
P_{L0}	umgesetzte Wirkleistung in einem bekannten Zustand 0
P_{MPP}	Leistung im Punkt maximaler Leistung (Maximum Power Point, MPP)

P_{nat}	natürliche Leistung
$P_{Receiver}$	auf den Receiver eingestrahlte Strahlungsleistung
P_{ri}	Bemessungsleistung der einzelnen Verbraucher
P_{Rot}	Leistung des Rotors
$P_{Rot,th}$	theoretische Leistung des Rotors
$P_{Turbine}$	Leistung an der Turbinenwelle
$P_{Verlust}$	Verlustleistung
P_v	Leistung des Verbrauchers
P_{Wa}	Leistung des Wassers
$P_{Wa,kin,th}$	theoretische Wasserkraftleistung infolge des Geschwindigkeitsunterschieds v_{Wa}
$P_{Wa,kin,vert}$	Verlustleistung der Wasserkraftanlage infolge der Strömungswiderstände
$P_{Wa,pot,th}$	theoretische Wasserkraftleistung infolge des geodätischen Höhenunterschieds h
$P_{Wa,p,th}$	theoretische Wasserkraftleistung infolge des Druckunterschieds p
$P_{Wa,tat}$	tatsächlich nutzbare Leistung des Wassers
$P_{Wa,th}$	theoretische Wasserleistung
P_{Wi}	Windleistung
$P_{Wi,1}$	Windleistung an der Stelle 1
$P_{Wi,2}$	Windleistung an der Stelle 2
$P_{Wi,ent}$	dem Wind durch den Rotor entzogene Leistung
$P_{Wi,i}$	Leistung des Windes an der Stelle i
P_{WKA}	Leistung einer Windkraftanlage
$P_{WKW,th}$	theoretische Leistung eines Wasserkraftwerks
PE	fossile Primärenergie
PI	Produktivitätsindex
\dot{q}	Wärmestromdichte, Wärmefluss
q_i	anteilige sekundäre Wärmeabgabe
\dot{q}_{konv}	konvektiver Wärmestrom
q_s	Wärmestromdichte an der Erdoberfläche
q_v	volumetrische Kälteleistung
q_{Wa}	Abfluss bzw. Durchfluss
q_z	vertikaler Anteil des Wärmestroms
\dot{q}_{zu}	zugeführter Wärmestrom
\dot{q}_e	emittierter Wärmestrom
Q	absolutes Abflussvolumen pro Zeit
Q	Blindleistung
Q	Förderrate
ΔQ	Nettobetrag des Wärmestroms
\dot{Q}	Wärmeleistung
Q_{23}	Blindleistungsfluss von Knoten 2 nach Knoten 3
Q_A	Abgaswärme des Motors

\dot{Q}_{Abfuhr}	abgeführte Wärme
\dot{Q}_{Abs}	Wärmegewinn des Absorbers
\dot{Q}_{Antr}	thermische Antriebsenergie
\dot{Q}_{Bedarf}	Wärmenachfrage
\dot{Q}_C	kapazitive Blindleistung
\dot{Q}_G	eingespeiste Blindleistung
\dot{Q}_G	Wärmegewinn durch Einstrahlung in das Becken
\dot{Q}_H	Heizenergienachfrage
\dot{Q}_I	Wärmestrom der Infiltration
\dot{Q}_{ij}	Blindleistungsfluss von Knoten i nach Knoten j
\dot{Q}_{in}	(hochexergetischer) Wärmestrom in den Kraftwerksprozess
\dot{Q}_{ji}	Blindleistungsfluss von Knoten j nach Knoten i
\dot{Q}_{Int}	innere Wärme eines Raumes (z. B. Abwärme von Personen und Geräten)
\dot{Q}_{Kond}	Wärmeleistung des Kondensators der Wärmepumpe
\dot{Q}_{kovv}	konvektive Wärmeübertragung
\dot{Q}_{Konv}	Konvektionsverluste
$\dot{Q}_{Konv,Abd}$	Konvektionsverluste der Absorberabdeckung
$\dot{Q}_{Konv,Abs}$	Konvektionsverluste des Absorbers an der Außenluft
$\dot{Q}_{Konv,Kol}$	Konvektionsverluste des Kollektors
$\dot{Q}_{Konv,Rah}$	Konvektionsverluste des Absorberrahmens
\dot{Q}_{KW}	Kühlwasserwärme des Motors
\dot{Q}_L	Wärmeverluste eines Gebäudes
\dot{Q}_L	umgesetzte Blindleistung
\dot{Q}_L	Wärmeaustauschströme mit der Umgebung
\dot{Q}_{L0}	Blindleistung in einem bekannten Zustand 0
$\dot{Q}_{Leit,Abs}$	Wärmeleitungsverluste des Absorbers
\dot{Q}_{Mensch}	Wärmegewinn durch Beckenbenutzer
\dot{Q}_{Nutz}	nutzbarer Wärmestrom
\dot{Q}_{out}	(niedrigexergetischer) Wärmestrom aus dem / in den Kraftwerksprozess
\dot{Q}_{Quelle}	Wärmeleistung der Wärmequelle
\dot{Q}_{rec}	solarer Wärmestrom in den Receiver
$\dot{Q}_{Refl,Abs}$	Reflexionsverluste des Absorbers
$\dot{Q}_{Refl,Abd}$	Reflexionsverluste der Absorberabdeckung
$\dot{Q}_{Refl,Kol}$	Reflexionsverluste des Kollektors
\dot{Q}_S	solares Wärmeangebot an einen Raum
\dot{Q}_S	von Körper abgestrahlte Wärme
\dot{Q}_{Senke}	Heizenergie
\dot{Q}_{Senke}	Wärmeleistung der Wärmesenke
\dot{Q}_{Solar}	in den Wärmespeicher eingebrachte Sonnenenergie
\dot{Q}_{Str}	Wärmeverluste durch Abstrahlung
$\dot{Q}_{Str,Abd}$	Strahlungsverluste durch langwellige Abstrahlung der Absorberabdeckung
$\dot{Q}_{Str,Abs}$	Strahlungsverluste durch langwellige Abstrahlung des Absorbers

$\dot{Q}_{Str,Kol}$	Strahlungsverluste durch langwellige Abstrahlung des Kollektors
\dot{Q}_{Tr}	Transmissionswärmestrom
Q_{Tr}	Transmissionsverlustsumme
$\dot{Q}_{Trans,E}$	Transmissionsverlustwärmeströme ins Erdreich
$\dot{Q}_{Umgebung}$	Umgebungswärmestrom
\dot{Q}_{Vd}	Wärmeverlustströme durch Verdunstung
\dot{Q}_{Ve}	mechanische Lüftungsverlustströme bzw. -gewinnströme
Q_{Ve}	mechanische Lüftungsverluste bzw. -gewinne
\dot{Q}_{Verd}	Wärmeleistung des Verdichters der Wärmepumpe
Q_{WP}	Nutzenergie der Wärmepumpe
Q_{Zufuhr}	zugeführte Wärme
\dot{Q}_{Zusatz}	Wärmestrom aus konventionellen (fossilen) Energieträgern
r	Index für Bemessungswerte
r	Radius (u. a. Leiterradius)
r	Verdampfungsenthalpie
r_1	Radius an der Stelle 1
r_2	Radius an der Stelle 2
r_k	kinematischer Reaktionsgrad
R	Außenleiter 1
R	Gaskonstante
R	Radius eines Rotors
R	Widerstand
R'	Widerstandsbelag
R_{Fe}	Eisenverlustwiderstand
R_O	Rückhalt bzw. Retention auf der Oberfläche (O)
R_P	Parallelwiderstand
R_S	Serienwiderstand
$R_{\ddot{u}}$	Widerstand der Übertragungsleitung
R_v	Widerstand des Verbrauchers
R_z	Rauigkeit der Rohrrinnenwand
Re_{dh}	Reynolds-Zahl
ROT	Rotorebene
s	Entropie
s	Schlupf
Δs	Entropieunterschied
Δs	Speed-up-Ratio
Δs_{max}	maximales Speed-up-Ratio
S	Außenleiter 2
S	durchströmte (Kreis-)Fläche
S	Scheinleistung
S	Scheitelpunkt einer Parabel
S	Speicherkoeffizient

S_1	durchströmte (Kreis-)Fläche an der Stelle 1
S_1	Schalter 1
S_2	durchströmte (Kreis-)Fläche an der Stelle 2
S_2	Schalter 2
S_3	Schalter 3
S_4	Schalter 4
S_{Abd}	Abdeckungsoberfläche
S_{Abs}	Absorberfläche
S_F	Korrekturfaktor, berücksichtigt die Fensterausrichtung
S_h	minimale horizontale Hauptspannung
S_H	maximale horizontale Hauptspannung
S_i	durchströmte (Kreis-)Fläche an der Stelle i
S_{Kol}	Kollektorfläche
S_{rG}	Bemessungsleistung des Generators
S_{Rot}	Rotorfläche
S_V	Hauptspannung senkrecht zur Erdoberfläche
SI	Mineralsättigungsindex
SPF	Seasonal Performance Factor
St	Stefan-Zahl
t	Zeit
Δt	Zeitintervall, Zeitraum, Zeitspanne
t_B	Betrachtungszeitraum
Δt_{Fl}	Kompressionswellenlaufzeit des Porenfluides
$\Delta t_{P, Ma}$	Kompressionswellenlaufzeit der Matrix
T	Außenleiter 3
T	(absolute) Temperatur
T	Transmissivität
ΔT	Temperaturdifferenz
$\overline{\Delta T}$	mittlere Grädigkeit
T_0	Temperatur am Bilanzpunkt 0
T_1	Temperatur am Bilanzpunkt 1
T_1	unteres Temperaturniveau
T_2	oberes Temperaturniveau
$T, T_1, T_2, T_3, T_4, T_{A+}, T_{A-}, T_{B+}, T_{B-}$	Thyristor
T_A	Anlaufzeitkonstante
T_{ab}	abgeführtes Temperaturniveau
T_{Abd}	Temperatur der Absorberabdeckung
T_{Abs}	Absorbtemperatur (absolut)
T_{Antr}	Temperatur der antreibenden Wärme
T_e	externe Gegenstrahlungstemperatur (absolut)
$T_{e, Str}$	Oberflächentemperatur umschließender Flächen und Volumina
ΔT_H	Temperaturhub

T_{Himmel}	Himmelstemperatur
T_K	Temperatur eines Körpers K
T_{Kond}	Temperatur am Kondensator
ΔT_{Kond}	Temperaturdifferenz am Kondensator
ΔT_{log}	mittlere Temperaturdifferenz zwischen zwei wärmeaustauschenden Medien
T_{Quelle}	Temperatur der Wärmequelle
T_{Senke}	Temperatur der Wärmesenke
T_{Siede}	Siedetemperatur
T_{super}	Temperatur am superkritischen Punkt
T_U	Temperatur der umgebenden Flächen U
T_{zu}	zugeführtes Temperaturniveau
T_e	Turbineneintritt
\ddot{u}	Übersetzungsverhältnis eines Transformators, Bemessungsübersetzung
\hat{u}	Scheitelwert der Spannung
U	Effektivwert der Spannung
U	elektrisches Potential
U	Gegenstrahlungsflächen/Flächen, die einen Körper K /eine Materie K umgeben
U	Spannung
U	Umfang einer Rohrleitung
U	Wärmedurchgangskoeffizient (U -Wert)
\underline{U}	komplexer Effektivwert der Spannung
$U_{=}$	gleichgerichtete Spannung
U_1	Leiter-Erd-Spannung an Knoten 1, Spannung an Knoten 1
U_{12}	Außenleiterspannung zwischen Leiter 1 und Leiter 2
U_{13}	Außenleiterspannung zwischen Leiter 1 und Leiter 3
U_2	Leiter-Erd-Spannung an Knoten 2, Spannung an Knoten 2
U_{23}	Außenleiterspannung zwischen Leiter 2 und Leiter 3
U_3	Leiter-Erd-Spannung an Knoten 3
U_{AB1h}	Grundschwingung bzw. erste Harmonische der Ausgangswechselspannung des Spannungsumrichters
U_{AB}	Ausgangswechselspannung des Spannungsumrichters
U_D	Diffusionsspannung
U_{eff}	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient
U_{eq}	äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient (äquivalenter U -Wert)
U_g	Wärmedurchgangskoeffizient bezogen auf die Verglasung eines Fensters
U_i	Leiter-Erd-Spannung an Knoten i
U_i	U -Wert für die entsprechende Fläche i der Gebäudehülle
U_j	Leiter-Erd-Spannung an Knoten j
U^*_{Kol}	Wärmedurchgangskoeffizient eines Kollektors
U_{Kol}	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient eines Kollektors
U_{konv}	konvektive Wärmeübergangszahl
U_l	Längsspannungsabfall an einer Leitung

U_L	aktuelle Netzspannung
U_L	Leerlaufspannung
U_{L0}	Netzspannung in einem bekannten Zustand 0
U_A	Trägersignal
U_{MPP}	Spannung im Punkt maximaler Leistung (Maximum Power Point, <i>MPP</i>)
U_N	Nennspannung
U_N	Netzspannung
U_{r1}	primärseitige Bemessungsspannung
U_{r2}	sekundärseitige Bemessungsspannung
U_{sA}	normiertes Wechselspannungssignal
U_{sB}	inverses normiertes Wechselspannungssignal
$u(t)$	Momentanwert der Spannung
u_T	Spannung am Thyristor
U_V	Wärmedurchgangskoeffizient einer Verglasung
U_W	Wärmedurchgangskoeffizient eines Fensters (d. h. Verglasung und Rahmen)
v	Geschwindigkeit
v_A	Anströmgeschwindigkeit
v_c	Lichtgeschwindigkeit
v_{OW}	Absinkgeschwindigkeit des Oberwassers
v_P	Kompressionswellengeschwindigkeit
$v_{rel,1}$	Relativgeschwindigkeit des Wassers im Laufrad am Bilanzpunkt 1
$v_{rel,2}$	Relativgeschwindigkeit des Wassers im Laufrad am Bilanzpunkt 2
v_{rel}	Relativgeschwindigkeit des Wassers im Laufrad
v_S	Geschwindigkeit der angeströmten Fläche (S)
v_S	Scherwellengeschwindigkeit
v_u	Umfangsgeschwindigkeit
$v_{u,1}$	Umfangsgeschwindigkeit am Bilanzpunkt 1
$v_{u,2}$	Umfangsgeschwindigkeit am Bilanzpunkt 2
$v_{u,Spitze}$	Umfangsgeschwindigkeit an der Rotorblattspitze
v_{Wa}	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers
$v_{Wa,0,ax}$	Axialkomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 0
$v_{Wa,0}$	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 0
$v_{Wa,0,u}$	Umfangskomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 0
$v_{Wa,1}$	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 1
$v_{Wa,1,ax}$	Axialkomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 1
$v_{Wa,1,SR}$	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Saugrohranfang
$v_{Wa,1,th}$	theoretische Strahlgeschwindigkeit
$v_{Wa,1,u}$	Umfangskomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 1

$v_{Wa,2}$	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 2
$v_{Wa,2,ax}$	Axialkomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 2
$v_{Wa,2,SR}$	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Saugrohraustritt
$v_{Wa,2,u}$	Umfangskomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Bilanzpunkt 2
$v_{Wa,Dif}$	Geschwindigkeit des Wassers im Diffusor
$v_{Wa,EB}$	Geschwindigkeit des Wassers in das Einlaufbauwerk
$v_{Wa,OW}$	Geschwindigkeit des Oberwassers
$v_{Wa,RL}$	Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrleitung
$v_{Wa,Te}$	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers am Turbineneingang (Te)
$v_{Wa,u}$	in Umfangsrichtung gerichtete Komponente der Strömungsgeschwindigkeit
$v_{Wa,UW}$	Geschwindigkeit des Unterwassers
v_{Wi}	Windgeschwindigkeit
$v_{Wi,1}$	Windgeschwindigkeit an der Stelle 1
$v_{Wi,2}$	Windgeschwindigkeit an der Stelle 2
$v_{Wi,a}$	Windgeschwindigkeit an der Stelle a
$v_{Wi,axial}$	Axialkomponente der Windgeschwindigkeit
$v_{Wi,h}$	mittlere Windgeschwindigkeit in der Höhe (h)
$v_{Wi,i}$	Windgeschwindigkeit an der Stelle i
$v_{Wi,ref}$	mittlere Windgeschwindigkeit in einer Referenzhöhe (h_{ref})
$v_{Wi,Nord}$	Windgeschwindigkeit, Nordhalbkugel
$v_{Wi,Rot}$	Windgeschwindigkeit in der Rotorebene
$v_{Wi,Süd}$	Windgeschwindigkeit, Südhalbkugel
$v_{Wi,umfang}$	Umfangskomponente der Windgeschwindigkeit
$v_{Wi,x}$	Windgeschwindigkeit an der Stelle x
v_{Δ}	Fallhöhengeschwindigkeit
V	Valenzband
V	Volumen
V_0	Volumen am Bilanzpunkt 0
V_1	Volumen am Bilanzpunkt 1
\dot{V}	Volumenstrom
\dot{V}_{ges}	gesamter Volumenstrom
\dot{V}_{Kol}	Volumenstrom des Kollektors
V_{Meer}	Verdunstung auf dem Meer
V_O	Verdunstung von der Oberfläche (O)
$V_{Speicher}$	gespeichertes Wasservolumen
\dot{V}_{Ve}	benötigter Volumenstrom für Lüftung
\dot{V}_{Verd}	Volumenstrom des Kältemittels
$w_{t,T}$	spezifische, durch die Turbine entnommene Arbeit
W	elektrische Energie
W	mechanische Energie des Motors

ΔW	Änderung der elektrischen Energie
\dot{W}_{Antr}	mechanische Antriebsleistung
WOZ	wahre Ortszeit
x	Laufindex, Weg, Distanz
x	Rotationsachse
Δx	Wegspanne
x_n	Rand der Raumladungszone im n -dotierten Gebiet
x_p	Rand der Raumladungszone im p -dotierten Gebiet
X_1	primärseitige Reaktanz
X_2	sekundärseitige Reaktanz
$X_{\dot{U}}$	induktiver Blindwiderstand der Übertragungsleitung
X_{μ}	Hauptreaktanz des Transformators
y	Laufindex, Weg, Distanz
y	Sternschaltung auf der Unterspannungsseite
Y	Sternschaltung auf der Oberspannungsseite
Y_{Sch}	Schaufelarbeit
Y''_{Sch}	Schaufelarbeit im Leitrad
Y_{St}	Stutzenarbeit
z	Laufindex, Weg, Distanz
z	Rotorblattanzahl
z	Tiefenausdehnung
z	Zickzackschaltung auf der Unterspannungsseite
Δz	Teil der Tiefenausdehnung
z_0	Rauigkeitslänge
z_e	Anzahl übertragener Elektronen
Z	Zickzackschaltung auf der Oberspannungsseite
Z_W	Wellenwiderstand
α	(spektraler) Absorptionskoeffizient
α	Anströmwinkel
α	Einfallswinkel
α	Exponent entsprechend einer gegebenen Spannungsabhängigkeit der Wirkleistung
α	Gesteinskompressibilität
α	Neigungswinkel
α	Wärmeübergangskoeffizient
α	Zündwinkel
α'	Reflexionswinkel
α', α''	Auftreffwinkel des Sonnenlichtes auf die Moduloberfläche zu bestimmten Zeitpunkten
α_0	Strömungswinkel des Wassers in der Turbine an der Stelle 0
α_1	Strömungswinkel des Wassers in der Turbine an der Stelle 1
α_2	Strömungswinkel des Wassers in der Turbine an der Stelle 2

α_a	äußerer Wärmeübergangskoeffizient am Bauteil
α_{Abs}	Absorptionskoeffizient des Absorbers
$\alpha_{Betrieb}$	betriebsbedingter Anströmwinkel
α_{Hell}	Höhenwindexponent (Hellmann-Exponent, Rauigkeitsexponent)
α_I	Absorptionskoeffizient im Bereich des infraroten Lichts
α_{ideal}	idealer Absorptionskoeffizient
α_{real}	tatsächlicher Absorptionskoeffizient
α_s	Absorptionskoeffizient im Bereich des sichtbaren Lichts
α_λ	Absorptionskoeffizient in Abhängigkeit der Wellenlänge λ
β	Arbeitszahl einer Wärmepumpe
β	Azimutwinkel
β	Exponent entsprechend einer gegebenen Frequenzabhängigkeit der Wirkleistung
β	Kompressibilität des Fluides
β	Neigungswinkel des Photovoltaikmoduls
β	Winkel zwischen Kreissehne und Kreisbogen
β_1	Winkel an der Turbine an der Stelle 1
β_2	Winkel an der Turbine an der Stelle 2
β_a	Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe
γ	Ausrichtung der Flächennormalen
γ	Exponent entsprechend einer gegebenen Spannungsabhängigkeit der Blindleistung
γ	spezifische Dichte eines Fluides
γ	Verhältnis von Wärmegewinn zu Wärmeverlust
γ	Winkel zwischen Anströmgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit
δ	Exponent entsprechend einer gegebenen Frequenzabhängigkeit der Blindleistung
δ	Profilanstellwinkel
δ	Sonnendeklination
δ	Spannungswinkel (Nullphasenwinkel)
Δ	Differenz
ε	Gleitzahl
ε	Leistungszahl einer Wärmepumpe
ε	Emissionskoeffizient
$\bar{\varepsilon}$	äquivalenter Emissionskoeffizient
ε_0	elektrische Feldkonstante
ε_{Abd}	Emissionskoeffizient Abdeckung
ε_{Abs}	Emissionskoeffizient Absorber
ε_c	Carnot-Leistungszahl
ε_{ci}	innere Carnot-Leistungszahl
ε_i	Emissionskoeffizient der Fläche i
ε_i	innere Leistungszahl

ε_I	Emissionskoeffizient im Bereich des infraroten Lichts
ε_j	Emissionskoeffizient der Fläche j
ε_{min}	minimale Gleitzahl
ε_s	Emissionskoeffizient im Bereich des sichtbaren Lichts
ε_v	Emissionskoeffizient im Spektrum der sichtbaren Sonnenstrahlung
ε_λ	Emissionskoeffizient in Abhängigkeit der Wellenlänge λ
ζ	Heizzahl einer Wärmepumpe
ζ_a	Jahresheizzahl einer Wärmepumpe
ζ_c	Carnot-Wärmeverhältnis
ζ_i	Wärmeverhältnis des „inneren“ thermodynamischen Prozesses
η	Wirkungsgrad
η	Ausnutzungsgrad
η'	Düsenwirkungsgrad
η''	Laufschaufelwirkungsgrad
η_a	Wirkungsgrad des Wärmepumpenantriebs
η_c	Carnot-Wirkungsgrad
η_F	Freihangwirkungsgrad
η_{FI}	dynamische Viskosität des Fluids
η_h	Wirkungsgrad der Wasserkraftanlage zwischen Ober- und Unterwasser
η_{HF}	Wirkungsgrad eines Heliostatenfeldes
η_i	innerer Gütegrad
η_i	Prozessgüte
η_{th}	Wärmerückgewinnungseffizienz
η_{WP}	Carnot-Gütegrad
$\eta_{mech.-elek.}$	mechanisch-elektrischer Wirkungsgrad
η_{PV}	photovoltaischer Wirkungsgrad
η_{Rot}	Wirkungsgrad des Rotors
$\eta_{Turbine}$	Turbinenwirkungsgrad
η_{Vd}	äußerer Wirkungsgrad Verdichter
η_{WKA}	Anlagenwirkungsgrad Wasserkraftanlage
κ	spezifischer Leitwert
κ	thermische Diffusivität
λ	Längengrad
λ	Laufzahl (Wasserturbinen)
λ	Rohrreibungszahl
λ	Schnelllaufzahl
λ	Wärmeleitfähigkeit
λ	Wellenlänge
λ_0	Bezugsmeridian
λ_{Sp}	Wärmeleitfähigkeit des speichernden Körpers Sp / der speichernden Materie Sp
μ	dynamische Viskosität

μ	Schermodul
μ	Schluckzahl
μ_0	magnetische Feldkonstante
ν	Photonenfrequenz
ν	Poissonzahl
ν_{Wa}	kinematische Viskosität des Wassers
ξ	Strömungswiderstand
ξ	Verlustbeiwert
ξ_{Dif}	Verlustbeiwert für den Diffusor
ξ_{EB}	Verlustbeiwert für das Einlaufbauwerk
ξ_{RL}	Verlustbeiwert der Rohrleitung
ξ_{Wa}	spezifische Strömungsverluste des Wassers
θ	Temperatur
θ_0	Jahresdurchschnittstemperatur
θ_1	Temperatur an der Stelle 1
θ_2	Temperatur an der Stelle 2
θ_a	Sichthalbwinkel
θ_{Abs}	Absorbentemperatur
θ_{aus}	Austrittstemperatur
θ_{De}	Temperatur Decke
θ_e	Umgebungstemperatur
θ_{ein}	Eintrittstemperatur
$\theta_{Erdoberfläche}$	Temperatur der Erdoberfläche
θ_{Fb}	Temperatur Fußboden
$\theta_{Festkörper}$	Temperatur eines Festkörpers
θ_{Fluid}	Temperatur eines Fluids
$\Delta\theta_{ges}$	gesamter Temperaturunterschied
θ_i	Raumtemperatur
$\theta_{i,set}$	gewünschte Raumtemperatur
$\Delta\theta_{Kol}$	Temperaturunterschied des Kollektors
$\theta_{Körper}$	Temperatur des Körpers / des Gesteins
θ_{Luft}	Temperatur der Luft
θ_{Wi}	Temperatur Wintergarten
π	Kreiszahl
ρ	Reflexionskoeffizient
ρ_a	Dichte der Luft
ρ_{Abs}	Reflexionskoeffizient des Absorbers
ρ_{Fl}	Fluiddichte
ρ_I	Reflexionskoeffizient im Bereich des infraroten Lichts
ρ_{real}	tatsächlicher Reflexionskoeffizient
ρ_ν	Reflexionskoeffizient im Bereich des sichtbaren Lichts
$\rho_{s,g}$	mit dem Solarspektrum gewichtete Reflektivität

ρ_{Saug}	Dichte auf der Saugseite des Kompressors
ρ_{Sp}	Dichte des speichernden Körpers / der speichernden Materie
$\rho_{Spiegel}$	Spiegelreflektivität
ρ_{Wa}	Dichte des Wassers
$\rho_{Wa,1}$	Dichte des Wassers an der Stelle 1
$\rho_{Wa,2}$	Dichte des Wassers an der Stelle 2
ρ_{Wi}	Dichte der Luft / des Windes
$\rho_{Wi,1}$	Dichte der Luft / des Windes an der Stelle 1
$\rho_{Wi,2}$	Dichte der Luft / des Windes an der Stelle 2
$\rho_{Wi,i}$	Dichte der Luft / des Windes an der Stelle i
σ	Schnellläufigkeit
σ	Stefan-Boltzmann Konstante
τ	Transmissionskoeffizient
τ	Lebensdauer der Ladungsträger
τ_{Abd}	Transmissionskoeffizient der Absorberabdeckung
τ_e	Transmissionskoeffizient eines transparenten Bauteils, Strahlungstransmissionsgrad
τ_e^*	Transmissionskoeffizient eines transparenten Bauteils bezogen auf den senkrechten Strahlungseinfall
τ_G	Transmissionskoeffizient der Globalstrahlung
τ_{GA}	Transmissionskoeffizient der Gasabsorption
τ_I	Transmissionskoeffizient im Bereich des infraroten Lichts
τ_{MS}	Transmissionskoeffizient der Mie-Streuung
τ_{PA}	Transmissionskoeffizient der Partikelabsorption
τ_{RS}	Transmissionskoeffizient der Rayleigh-Streuung
τ_v	Transmissionskoeffizient im Spektrum der sichtbaren Sonnenstrahlung
φ	Breitengrad
φ	magnetischer Fluss
φ	Phasenverschiebung
$\cos \varphi$	Leistungsfaktor
φ_1	magnetischer Fluss in Phase 1
φ_2	magnetischer Fluss in Phase 2
φ_3	magnetischer Fluss in Phase 3
$\varphi_{Spannung}$	Nullphasenwinkel der sinusförmigen Spannung
φ_{Strom}	Nullphasenwinkel des sinusförmigen Stroms
Φ_{eff}	effektive Porosität
ψ	Einfallswinkel
ψ_z	Zenitwinkel
ω	Drehfrequenz, Kreisfrequenz
ω	Winkelgeschwindigkeit
$\omega_{m,0}$	mechanische synchrone Nenn-Winkelgeschwindigkeit
ω_{St}	Stundenwinkel