



Matthias Günther

Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien

Möglichkeiten, Potenziale, Systeme

 Springer Vieweg



Matthias Günther

Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien

Möglichkeiten, Potenziale, Systeme

 Springer Vieweg

Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien

Matthias Günther

Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien

Möglichkeiten, Potenziale, Systeme

Matthias Günther
Kassel, Deutschland

ISBN 978-3-658-06752-6 ISBN 978-3-658-06753-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-06753-3

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 Fachmedien Wiesbaden 2015

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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. 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.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
(www.springer.com)

In Erinnerung an Jürgen Schmid

Dieses Buch entstand auf Anregung von Jürgen Schmid. Neben vielen anderen Themen, die ihn als Direktor des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik in Kassel beschäftigten, waren es die Effizienzeffekte regenerativ basierter Energieversorgung, die ihn in den letzten Jahren besonders interessierten. Als er mir eine Stelle als wissenschaftlicher Referent anbot, trug er mir sein Anliegen vor, ihn auch bei der Verfassung von Texten zu diesem Thema zu unterstützen. Nach kürzeren Aufsätzen, die in verschiedenen Kontexten und Medien veröffentlicht wurden, ist dieses Buch als Hauptergebnis dieses Arbeitsauftrags anzusehen.

Nach dem plötzlichen Tod von Jürgen Schmid im Mai 2013 wurde die weitere Arbeit an diesem Buch kontrovers im Institut diskutiert. Dabei war nicht der Kerninhalt des Textes umstritten. Vielmehr wurde befürchtet, das Buch könne Einstellungen fördern, die weder von Jürgen Schmid noch von mir noch vom Institut unterstützt werden. Die Sorge lautete, die Darstellung der enormen Effizienzeffekte, die allein durch die verstärkte Nutzung regenerativer Energiequellen erzielt werden, könnte den Eindruck erwecken, sonstige Anstrengungen, die Effizienz im Energiesystem zu erhöhen, seien überflüssig. Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen allein würde als Nebeneffekt und quasi automatisch Ineffizienzen in der Energieversorgung beseitigen. Dabei war klar, dass Jürgen Schmid *selbst* dieser Schluss fern lag. Die Sorge war vielmehr, der Text könne den Schluss den *Lesern* nahelegen. Ich habe im Text versucht, dieser Sorge Rechnung zu tragen und der Schlussfolgerung vorzubeugen. Verabredet wurde mit der neuen Institutsleitung, den Text unter meine alleinige Autorenschaft zu stellen und mir den Hinweis auf seine Entstehungsgeschichte und insbesondere auf die Ideenurheberschaft durch Jürgen Schmid offenzuhalten. Jürgen Schmid selbst hat leider nur die Entstehung des Kernkapitels 5 begleiten können.

Hauptthema des Buchs sind die Effizienzeffekte der Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Diese Effekte spiegeln sich nicht in der zentralen Motivationsarchitektur der

Energiewende. Das Interesse an der Nutzung erneuerbarer Energiequellen beruht nicht primär auf der Absicht, die in diesem Buch benannten Effizienzeffekte auszunutzen. Das zentrale Kapitel, das Kapitel 5, bewegt sich daher auf einem Nebenschauplatz der Energiewende. Doch gerade die Tatsache, sich auf einem Nebenschauplatz zu bewegen, liefert ein Argument für die Verfassung dieses Buchs. Denn im Gegensatz zu den Hauptschauplätzen sind es häufig die Nebenschauplätze, die noch nicht systematisch ausgeleuchtet wurden. Die Vermutung liegt nahe, Jürgen Schmid habe – gerade auch in seiner Funktion als Politikberater im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen – die Effizienzeffekte der regenerativen Energiegewinnung als zusätzliches Nebenargument für das konsequente Angehen der Energiewende positionieren wollen. Die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung würde schon als solche ganz enorm dazu beitragen, ambitionierte Effizienzziele zu erreichen, die im politischen Diskurs formuliert wurden. Leider ließ der Tod von Jürgen Schmid den Gesprächsfaden reißen, ohne dass ich mir diese Vermutung von ihm hatte bestätigen lassen.

Ich habe mich entschlossen, um das zuerst entstandene Kapitel 5 herum auf einige der zentralen Themen der Transformation des Energieversorgungssystems einzugehen und den Kerngehalt des Buchs somit in den gewohnten und typischen Energiewende-Kontext einzubetten. Dabei habe ich versucht, auch einige sehr grundlegende begriffliche, physikalische und wirtschaftliche Aspekte zu beleuchten. Ich kann sagen, dass ich die Verfassung dieses Texts auch genutzt habe, um die Systematik der Energiewende für mich selbst zu ordnen. Ich hoffe, der Leser kann den Text als Ergebnis eines solchen Ordnungsprozesses anerkennen und möglicherweise für sein eigenes Verständnis zumindest punktuell nutzbar machen. Die thematische Breite der Darstellung brachte es mit sich, dass viele Aspekte nur oberflächlich angerissen werden konnten. Mehr Tiefe haben weder der zeitliche Rahmen der Verfassung dieses Buches noch der Wunsch nach einem leserfreundlichen Umfang erlaubt.

Ich möchte mich besonders auch bei Jürgen Schmid's Nachfolger Clemens Hoffmann bedanken, der mir den Freiraum gelassen hat, an der Fertigstellung des Buches zu arbeiten.

Inhalt

Einleitung	11
1. Energie in Physik und Wirtschaft	13
1.1 Energie als physikalische Größe.....	13
1.2 Energie als Lebensgrundlage für Gesellschaften und als Wirtschaftsgut	15
2. Warum brauchen wir ein neues Energiesystem?	19
2.1 Energieverbrauch	19
2.2 Allgemeine Anforderungen an das Energiesystem.....	22
2.3 Motive für den Umbau des Energiesystems	24
2.4 Strategien zum Umbau des Energiesystems	32
2.4.1 Dekarbonisierung durch die Nutzung erneuerbarer Energiequellen	32
2.4.2 Energieeffizienz	35
2.4.3 Suffizienz	36
2.4.4 Regionalisierung.....	37
2.4.5 Die besondere Bedeutung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz	38
3. Energieeffizienz	45
3.1 Spielarten der Energieeffizienz	45
3.1.1 Wandlungseffizienz.....	46
3.1.2 Nutzungseffizienz.....	46
3.1.3 Gesamteffizienz	47
3.2 Primärenergie	48
3.3 Endenergie	54

4. Erneuerbare Energien	57
4.1 Begriffsbestimmung.....	57
4.2 Erneuerbare Energiequellen	60
4.3 Erneuerbare Energiequellen und Treibhausgas-Emissionen	61
4.4 Erneuerbare Energiequellen und ihre technische Nutzung	62
4.4.1 Direkte Nutzung der Solarstrahlung	62
4.4.2 Indirekte Nutzung der Solarstrahlung	81
4.4.3 Nutzung der Erdwärme.....	88
4.4.4 Nutzung der Meeresenergie.....	90
5. Effizienzgewinne durch erneuerbare Energien	93
5.1 Effizienzgewinne durch direkte Stromerzeugung.....	95
5.1.1 Direkte Stromerzeugung	95
5.1.2 Effizienzgewinne durch die Elektrifizierung der Mobilitäts- und Wärmeversorgung	103
5.1.3 Fazit: Effizienzpotenziale der direkten Stromerzeugung	112
5.2 Effizienzgewinne durch Nutzung von solarer und Umweltwärme.....	114
5.2.1 Wärmepumpen.....	115
5.2.2 Solarthermische Systeme	123
5.2.3 Energetische Optimierung von Gebäuden	124
6. Effiziente Angleichung von Angebot und Nachfrage im Stromsektor.....	127
6.1 Qualitätsunterschiede zwischen den verschiedenen erneuerbaren Energiequellen.....	128
6.2 Wind- und Solarenergie in der zukünftigen Stromversorgung in Deutschland.....	132
6.3 Lastmanagement	136
6.4 Angebotsmanagement	142
6.4.1 Netze	142
6.4.2 Regelbare Kraftwerke.....	146
6.4.3 Speicher	149
6.4.4 Wärmeerzeuger als Netzstabilisatoren	157
7. Energieeffizienz im regenerativ basierten Energiesystem.....	163
7.1 Energieeffizienz und hohe Anteile erneuerbarer Energien – ein Konflikt?	163
7.2 Ist Energieeffizienz langfristig wichtig?.....	167
8. Kosten	173
Fazit	187
Literatur	189

Einleitung

Die Energiewende, die Deutschland vollziehen will, beruht hauptsächlich auf zwei Strategien: dem Ausbau der Nutzung regenerativer Energiequellen und der Erhöhung der energetischen Effizienz des Energieversorgungssystems. Das wesentliche Ziel ist dabei, die Nutzung fossiler und nuklearer Energieressourcen zu reduzieren.

2010 hat die Bundesregierung das „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ präsentiert. Die Energiewende ist nicht erst mit diesem Konzept offizielle Politik geworden, doch sie hat seitdem eine konkretere und verbindlichere Gestalt angenommen. Zum Beispiel spricht sich das Energiekonzept nicht nur allgemein für die Neuformierung des Energieversorgungssystems aus, sondern enthält auch quantitative Zielvorgaben. Zahlen und Fahrpläne werden sowohl für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen als auch für die Verringerung des Energiebedarfs angegeben. Unter den quantitativen Zielvorgaben finden sich einige ambitionierte. Und es finden sich auch *erstaunlich* ambitionierte. Zu den erstaunlich mutigen sollte die folgende gehören: Bis 2050 soll der deutsche Primärenergiebedarf *halbiert* werden! Der Primärenergiebedarf ist, vereinfacht formuliert, der Gesamtenergieaufwand, mit dem die Lebensprozesse einer Gesellschaft aufrechterhalten werden. Und dieser Aufwand soll in Deutschland halbiert werden. Wie soll das möglich sein? Soll sich das Land deindustrialisieren? Das wird kaum Ziel der offiziellen Politik sein. Oder sollen die Bürger ihren Energiekonsum radikal reduzieren? Das würde für die meisten eine drastische Änderung ihrer Lebensweise bedeuten. Vor allem einen Einschnitt in den gewohnten Komfort. Doch wie sollte eine solche Änderung des Lebensstils politisch motiviert werden? Genügsamkeit kann schlecht *verordnet* werden. Wenn aber weder Deindustrialisierung noch Komfortverzicht als politische Zielvorgaben plausibel sind, wie kann dann die im Energiekonzept der Bundesregierung festgehaltene Absicht verständlich gemacht werden, den gesamtgesellschaftlichen Energieaufwand zu halbieren?

Es gibt verschiedene Hebel, die in Bewegung gesetzt werden können, um den Energiebedarf zu senken. Zurzeit tauschen wir Glühbirnen gegen Energiesparlampen oder besser noch gegen LEDs aus; viele von uns haben sparsamere Autos als noch vor zehn Jahren;

Häuser werden gedämmt und Dreifachverglasungen werden eingesetzt etc. Damit und mit ähnlichen Maßnahmen mag der Energiebedarf um den einen oder anderen Prozentpunkt gedrückt werden. Doch eine Halbierung? Es fällt schwer sich vorzustellen, dass solche Maßnahmen den Energiebedarf wirklich halbieren könnten. Es müssen schon andere Hebel in Bewegung gesetzt werden, um solch drastische Reduktionen zu realisieren. Doch welche Hebel sollten dies sein?

Ein besonders langer und kräftiger Hebel soll in diesem Buch beschrieben werden: die Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Auf den ersten Blick mag die These verwunderlich anmuten, die erneuerbaren Energien hätten *als solche* etwas mit dem Thema der Energieeinsparung zu tun. Bedeutet die Nutzung erneuerbarer Energiequellen nicht einfach die *Substitution* der Nutzung fossiler und nuklearer Energieträger? Wieso sollte es einen Effekt der Energieeinsparung geben, wenn nur die Energiequellen *ersetzt* werden? Benötigen wir *weniger* Energie, nur weil wir sie aus anderen Quellen beziehen? Welcher Zusammenhang sollte da bestehen?

In der Tat gibt es einen solchen Zusammenhang. Der Energieumsatz im Energieversorgungssystem, der energetische Aufwand, der betrieben wird, um die Energieversorgung sicherzustellen, kann drastisch sinken, wenn andere Energiequellen genutzt werden. Die Einspareffekte sind dabei nicht einer Reduktion der Energiedienstleistungen zuzurechnen, sondern der *Effizienz*, mit der letztere erbracht werden. Es handelt sich also um den besonders wünschenswerten Fall einer Energieeinsparung ohne – oder ohne größeren – Komfortverlust seitens der Energiekonsumenten.

Die Art der Gewinnung nutzbarer Energie ist *nicht* neutral hinsichtlich der Effizienz des Energiesystems. Sie ist eine Stellschraube für die Effizienz im Energiesystem, und zwar eine ganz wesentliche. Es ist vor allem die Energiegewinnung aus regenerativen Quellen, die das Potenzial hat, die Effizienz im Energiesystem enorm zu steigern. Das zentrale Kapitel 5 wird dies darlegen. Einige vorbereitende Kapitel führen zu diesem Kapitel hin. Zunächst wird der Energiebegriff selbst erläutert (Kapitel 1). Anschließend werden Motivation und allgemeine strategische Ausrichtung der Energiewende diskutiert (Kapitel 2). Dabei wird herausgestellt, dass eine zunehmende regenerativ basierte Energiegewinnung und die Erhöhung der Energieeffizienz die beiden hauptsächlichen Strategien der Energiewende sein sollten. In den nächsten zwei Kapiteln werden die Themen Energieeffizienz und erneuerbare Energien genauer behandelt (Kapitel 3 und 4). Nach dem zentralen Kapitel 5, in dem unter anderem dargelegt werden wird, dass ein effizientes zukünftiges Energiesystem vorrangig auf regenerativ erzeugtem Strom beruht, werden in Kapitel 6 einige Details eines solchen Energiesystems dargestellt. In Kapitel 7 werden Probleme der Energieeffizienz unter den Bedingungen eines zukünftigen vorrangig regenerativ basierten Energiesystems diskutiert. Einige kurz gehaltene Worte zu den Kosten der Energiewende schließen das Buch ab (Kapitel 8).

Energie ist eine grundlegende physikalische Größe. Gleichzeitig ist Energie ein wichtiges Thema in Politik, Wirtschaft und Ökologie.

1.1 Energie als physikalische Größe

Energie wird oft als die Fähigkeit beschrieben, Arbeit zu verrichten. Die in einem System vorhandene Energie impliziert die Möglichkeit, dass es Arbeit verrichtet. Der Begriff der Arbeit – physischer Arbeit – ist in der allgemeinen Umgangssprache und in der Sprache der Alltagsphysik schärfer umrissen als der der Energie. Daher wird in vielen Kontexten die Rückführung des Begriffs der Energie auf den Begriff der Arbeit als Erklärung akzeptiert.

Die Bestimmung des Energiebegriffs als Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, sagt nichts darüber aus, wie diese Fähigkeit instantiiert ist, wie die Zustände aussehen, die ein System befähigen, Arbeit zu verrichten. In der Tat sind diese Zustände sehr verschieden voneinander und lassen sich phänomenologisch gar nicht unter eine Klammer bringen. Energie kann in sehr verschiedenen Formen instantiiert sein, z. B. als die Bewegung eines Körpers oder als seine Lage etwa im Schwerfeld der Erde, sie kann sich in der Temperatur manifestieren, die ein Körper hat, und sie liegt im elektrischen Feld eines Kondensators vor oder in den chemischen Bindungen in einem Material. Energie gibt es u. a. in Form von Bewegungsenergie, Lageenergie, Wärmeenergie bzw. thermischer Energie¹, elektrischer Energie, chemischer Energie. Die Bündelung solch phänomenologisch verschiedener Zustände unter einen Begriff kann nur dadurch motiviert sein, dass die Energiezustände

¹ *Wärme* zur Bezeichnung einer Energieform zu benutzen ist entsprechend den terminologischen Bestimmungen in der Physik nicht richtig. Wärme ist nämlich als Prozessgröße beim Übergang von thermischer Energie von einem Körper auf einen anderen bestimmt, nicht als Zustandsgröße. *Thermische Energie* ist die korrekte Bezeichnung für die Energieform, deren Quantität sich phänomenologisch in der höheren oder niedrigeren Temperatur eines Körpers zeigt.

ein gemeinsames Merkmal jenseits ihrer sehr verschiedenen Realisierung aufweisen. Und als dieses gemeinsame Merkmal wird eben häufig angegeben, dass es sich bei den genannten Zuständen von Bewegung, Lage, Temperatur, Ladungsverteilung, chemischer Bindung etc. um Zustände handelt, die den Systemen erlauben, Arbeit zu verrichten. Durch den Rückgriff auf den anschaulicheren Begriff physischer Arbeit wird der Energiebegriff dabei selbst anschaulicher.

Außer dem verbindenden Merkmal, dass Energiezustände solche Zustände sind, die es einem System erlauben, Arbeit zu verrichten, gibt es noch ein weiteres wichtiges verbindendes Merkmal: Energiezustände können prinzipiell ineinander umgewandelt werden. Wir können daher auch formulieren, dass es plausibel ist, die phänomenologisch so verschiedenen Zustände unter eine gemeinsame Kategorie zu fassen, weil sie ineinander transformierbar sind. Und die Menge dieser ineinander transformierbaren Zustände ist die Menge der Energiezustände. Hinzu kommt, dass Energie zwar von einer Form in eine andere umgewandelt werden kann, dass sie aber in einem abgeschlossenen System² nicht entstehen oder verschwinden kann. D. h. wir können noch stärker formulieren, dass die voneinander sehr verschiedenen Energiezustände plausibel unter dem Begriff der Energiezustände zusammengefasst werden können, weil sie gemeinsam eine Erhaltungsgröße bilden.

Energie ist eine Erhaltungsgröße in abgeschlossenen Systemen. Sie kann nicht erzeugt oder vernichtet werden; sie kann nur von einer Form in eine andere gewandelt werden. Außerdem kann sie innerhalb des Systems von einem Teilsystem auf ein anderes übertragen werden.

Nun haben wir zwei voneinander verschiedene Charakterisierungen des Energiebegriffs benannt. Zunächst haben wir Energie als die Fähigkeit vorgestellt, Arbeit zu verrichten. Und dann haben wir Energie als eine Erhaltungsgröße vorgestellt. Tatsächlich sind diese beiden Charakterisierungen nicht unabhängig voneinander: Energie ist eine Erhaltungsgröße; sie kann also nicht entstehen oder verschwinden, sie kann aber von einer Form in eine andere gewandelt und von einem Körper auf einen anderen übertragen werden. Einige dieser Übertragungsprozesse haben aber die Form von Arbeit. Der Zusammenhang lautet also, dass Energie stets so gewandelt werden kann (Energieerhaltung), dass sie in Arbeitsprozessen übertragen werden kann (Energie als Fähigkeit, Arbeit zu verrichten).

Wir werden später sehen, dass die Arbeitsfähigkeit in vielen Fällen eher theoretischer Natur ist und unter realen Bedingungen nicht immer vollständig gegeben ist. So lässt sich thermische Energie unter realen Bedingungen nicht vollständig zur Verrichtung von Arbeit nutzen. Dieser Gesichtspunkt wird im Weiteren noch sehr wichtig werden, doch für die physikalische Kennzeichnung von Energie können wir ihn erst einmal beiseitelassen.

Was ist nun aber Arbeit, bzw. genauer mechanische Arbeit? Arbeit ist die mechanische Übertragung von Energie. Arbeit wird verrichtet, wenn ein Körper mit Kraftaufwand bewegt wird. Dabei wird Energie auf ihn übertragen. Die übertragene Energie kann in

² Ein System ist genau dann abgeschlossen, wenn es keinen Energieaustausch (und keinen Stoffaustausch) über die Systemgrenzen hinweg gibt.

verschiedenen Formen vorliegen. Sie kann z. B. in Form von Bewegungsenergie, kinetischer Energie, vorliegen. Dies ist dann der Fall, wenn die aufgewandte mechanische Energie zur Beschleunigung des Körpers führt. Sie kann auch als Lageenergie, potentielle Energie, vorliegen, wenn der Körper in eine erhöhte Lage im Schwerfeld der Erde (oder in einem anderen konservativen Kraftfeld³) angehoben wird. Sie kann aber auch als thermische Energie vorliegen, wenn der Körper auf einer rauen Unterlage horizontal verschoben wird und sich Unterlage und bewegter Körper durch die zwischen ihnen auftretende Reibung erwärmen. Beschleunigen, anheben, verschieben – dies sind auch im umgangssprachlichen Verständnis des Begriffs physischer Arbeit paradigmatische Fälle von Arbeit.

Der Zusammenhang von Energie und Arbeit ist damit ein Stück klarer geworden: Energie liegt in verschiedenen Formen vor und kann prinzipiell von einer in die andere umgewandelt werden; sie kann außerdem von einem Körper auf einen anderen übertragen werden, wobei *eine* Art der Energieübertragung mechanische Arbeit ist. Arbeit kann nur dann verrichtet werden, wenn Energie vorhanden ist, die übertragen werden kann. Energie ist eine notwendige Bedingung dafür, dass Arbeit verrichtet werden kann.

Nun ist Arbeit nicht die einzige Art der Energieübertragung. Energie kann z. B. auch durch Wärme oder durch Strahlung übertragen werden. Wir können daher die Formulierung, dass Energie die Fähigkeit ist, Arbeit zu verrichten, auch verallgemeinern zu der Aussage, dass Energie die Fähigkeit ist, Energieübergänge zu ermöglichen, und das heißt Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben, Strahlung auszusenden etc. Manchmal wird in diesem verallgemeinerten Sinne formuliert, Energie sei die Fähigkeit, *Wirkungen* hervorzubringen.

1.2 Energie als Lebensgrundlage für Gesellschaften und als Wirtschaftsgut

Die Bestimmung von Energie als Fähigkeit, Wirkungen hervorzubringen – Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben, Strahlung, z. B. Licht, auszusenden –, gibt einen deutlichen Hinweis darauf, warum der Begriff der Energie auch in wirtschaftlichen, politischen und sozialen Kontexten von enormer Bedeutung ist. Jeder Vorgang hängt von vorhandener Energie ab. Energie ist der Treibstoff für jedweden Prozess. Wo Veränderungen geschehen sollen, müssen Wirkungen erzielt werden, ist also Energie nötig. Wo mechanische Arbeit verrichtet werden soll, wird Energie benötigt. Und wo etwas erwärmt oder gekühlt werden soll, Strom fließen oder eine Lampe brennen soll, muss ebenfalls Energie verfügbar sein. Energie ist eine Grundlage für alle Lebensprozesse von Gesellschaften und den Menschen in ihnen. Es ist daher von höchster Priorität für jede Gesellschaft und für jedes einzelne

³ Konservative Kraftfelder sind Felder, in denen ein Körper beim Durchlaufen eines in sich geschlossenen Weges weder Energie gewinnt noch verliert. Kehrt beispielsweise ein reibungsloses Pendel in einem Gravitationsfeld nach einer Periode an seinen Umkehrpunkt zurück, dann hat es die gleiche Energie (in diesem Fall: die gleiche potenzielle Energie) wie beim vorangehenden Erreichen des gleichen Umkehrpunkts.