

Facharbeit

Grundkurs Geographie

Der Bedarf elektrischer Energie als Folge des Konsumverhaltens in Deutschland – Photovoltaikanlagen auf dem Prüfstand

Lennart Oliver Müller

Kursleiter: Herr Köppen

Bearbeitungszeit: 21.12.2017 bis 28.02.2018

Abgabetermin: 28.02.2018

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Der Bedarf elektrischer Energie und Konsumverhalten in Deutschland	4
2.1. Kennzeichen einer Konsumgesellschaft	5
2.2. Bereitstellung von elektrischer Energiebedarf und resultierende Problem	5
2.3. Regenerative Energien	7
2.4. Photovoltaikanlagen in Deutschland	8
2.4.1. Funktionsweise	8
2.4.2. Herstellung	9
2.4.3. Flächendeckende Energieversorgung als Möglichkeit	10
2.4.4. Privatnutzung von Photovoltaikanlagen in Deutschland	11
3. Fazit	13
4. Literaturverzeichnis	17
5. Eigenständigkeitserklärung	19

1. Einleitung

Im Fach Geographie ist die Betrachtung und Analyse des Konsumverhaltens und des Material-Bedarfs von Produkten und Dienstleistungen anhand verschiedener Modelle im Lehrplan der Jahrgangsstufe Q1 verankert. Außerdem ist zentraler Bestandteil des Faches, dass ein Vorhaben der Nachhaltigkeit geprüft wird und langfristige Prognosen erstellt werden.

Das Konsumverhalten der Bevölkerung stellt große Ansprüche an den Energiehaushalt, den es zu decken gilt. Die Umwelt darf an dieser Stelle allerdings auf keinen Fall vernachlässigt werden, um den Raum, unsere Erde, auch noch für künftige Generationen bewohnbar zu machen.

In der Facharbeit wird besonders über die Photovoltaikanlage diskutiert, da diese eine zuverlässige, regenerative Energieversorgung für Deutschland darstellen könnte. Ziel dieser Facharbeit ist damit zu klären, ob eine flächendeckende Versorgung, der elektrischen Energie in Deutschland, alleine durch Photovoltaikanlagen möglich ist und warum Gedanken, aufgrund der Klimaveränderung, über eine Energiewende nötig sind.

Der Aufbau der Facharbeit ist chronologisch an das Thema angelehnt, weshalb dieses in der Kopfzeile aller Seiten zu finden ist. Vorab wird dargestellt, wie es überhaupt zu einem anwachsenden Bedarf an elektrischer Energie, aufgrund des Konsumverhaltens kam. Dieser Energiebedarf und die Herstellung der elektrischen Energie wird gekennzeichnet und regenerative Versorgungsmöglichkeiten dargestellt. Im weiteren Verlauf wird das Ziel der Arbeit, einer flächendeckenden Energieversorgung durch Photovoltaikanlagen, anhand verschiedener Informationen und Diagrammen beantwortet, bevor das Fazit fixiert wird.

Es könnten bei der Recherche unterschiedliche Meinungen und Fakten durch Umweltschützer, Ökonomen und Politiker vorgefunden werden. Diese gilt es kritisch zu hinterfragen und eine gesamt objektiv, repräsentative Darstellung des Themas zu erzielen. Außerdem besteht eine weitere Schwierigkeit darin, dass sich der Forschungsgegenstand, einer revolutionären Energieversorgung, noch am Anfang der Auseinandersetzungen und Überlegungen befindet, weswegen sich Informationen und Studienergebnisse stetig ändern.

Ein Großteil der Recherche ist aus Werken von Volker Quaschnig und Günther Brauner. Beide Professoren bieten Erklärungen und Ausarbeitungen, sowie Diagramme, die die Themen, „Energiebedarf und regenerative Energie(-Systeme)“ sachlich darstellen. Außerdem bestehen verlässliche Quellen durch die verwendeten Studien renommierter Institute und direkten Informationen von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

2. Der Bedarf elektrischer Energie und Konsumverhalten in Deutschland

Seit der Industrialisierung am Ende des 19. Jahrhunderts ist elektrische Energie ein wichtiger Bestandteil der Wirtschaft und Industrie. Ab 1880 entstanden erste Gleichstromnetze in Großstädten, welche flächendeckend für die Beleuchtung zuständig waren, weiterhin fanden elektrische Geräte ab 1882 (Erfindungsjahr des elektrischen Bügeleisens) ihren Platz in den privaten Haushalten. Elektrische Geräte können nur genutzt werden, wenn eine externe Energiequelle vorhanden ist. Deshalb spielte die Elektrizität nur in Gebäuden eine große Rolle. Trotzdem gewann besonders der Elektromotor einen immer höheren Stellenwert in der Industrie und den privaten Haushalten, weil er klein, leistungsfähig und schnell arbeitsbereit war; diese Vorzüge sind bis heute erhalten.¹

Um die Bedeutung der elektrischen Energie zu verdeutlichen, sollte diese in Bezug zum gesamten Energieverbrauch in Deutschland gestellt werden. Im Gesamtenergiebedarf sind alle Energieformen, die genutzt werden einbegriffen und dieser betrug 2016 in Deutschland 13.451 PJ², was in etwa 3.700 TWh/a entspricht.³ 2,2 PJ/a der gesamten Energie benötigten die Deutschen direkt für die Mobilität, 4 PJ/a für das Wohnen, 1 PJ/a für die Produktion und Weiterverarbeitung von Nahrung, wie auch 1 PJ/a für sonstige Produktherstellungen und Dienstleistungen. Die restlichen 4 PJ/a werden durch Transport, oder Lagerung von Ware verbraucht. Der Anteil der elektrischen Energie beläuft sich auf ca. 18% des gesamten Energiebedarfs, also ca. 650 TWh/a, d.h. 8 MW/Jahr/Person.⁴

Die Studie „Elektrizität: Schlüssel zu einem nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem“ aus dem Jahr 2010 der „Deutschen Physikalischen Gesellschaft“ besagt, dass der größte Verbraucher von elektrischer Energie die produzierende Industrie ist, welche 43% davon nutzt. Private Haushalte und Gewerbe-Handel-Dienstleistungen benötigen je 27% dieser Energie und im Transportsektor werden bisher 4%, nahezu ausschließlich für den Schienenverkehr, genutzt. Etwa dreiviertel der Haushalts-Energie fallen für die Raum- und Wassertemperaturänderung an. Die nächsten großen Verbraucher sind Küchenmaschinen und eher einen kleinen Teil machen die Beleuchtung und sonstige elektrische Geräte aus.⁵

Die größte Bedeutung hat die elektrische Energie in der produzierenden Industrie und Privathaushalten. Im Mobilitäts- und Transportsektor wird bislang wenig elektrische Energie verbraucht, weswegen an dieser Stelle durch Elektromobilität und eine frequentere Nutzung des Schienenverkehrs Potenzial besteht, die Bedeutung der elektrischen Energie zu erhöhen.

Die Haufe-Gruppe, die üblicherweise personalisierte Software-Applikationen/Lösungen für Unternehmen erstellt, veröffentlichte Daten zum Kaufverhalten der Deutschen. Ingo Schier, der Hauptautor, bezieht sich hierbei auf den Verbrauchervertrauensindex des dritten Quartals 2017. Nahezu die Hälfte der Deutschen wollen zeitnah neue Kleidung kaufen und verreisen. Das drittgrößte Konsumgut ist die Technik, die 30% der Bevölkerung in naher Zukunft erwerben

¹ G. Brauner S.1f/S.17

² Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

³ Umrechnungsfaktor 3,6 → 13.451:3,6=3.736,39

⁴ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

⁵ Studie, Deutsche Physikalische Gesellschaft 2010, S.7

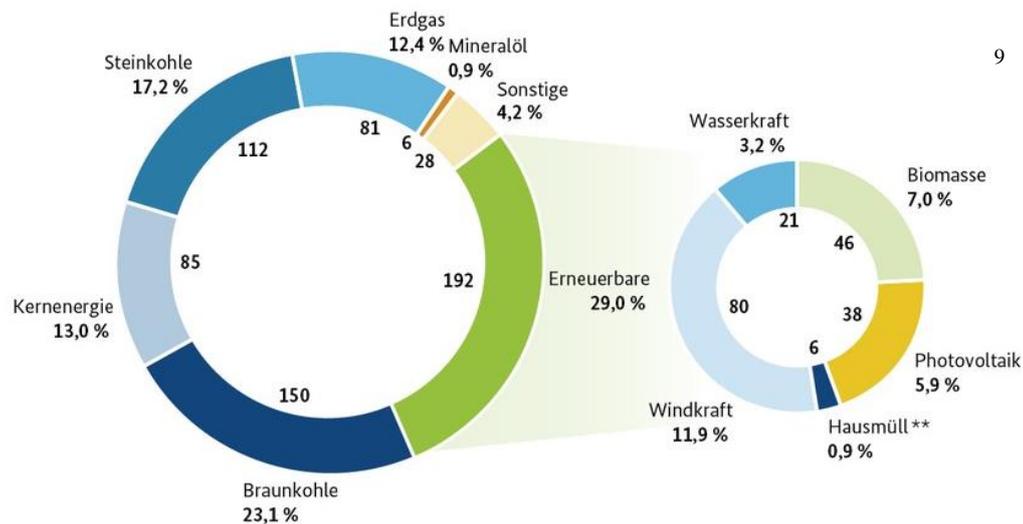
möchten.⁶ Für Kleidungsstücke und Reisen fällt allerdings nur Transportenergie in Deutschland an. Die Nutzung von technischen Geräten wirkt sich hingegen direkt auf den elektrischen Energiehaushalt Deutschlands aus. Bis heute wächst die Anzahl technischer Geräte in Haushalten stetig und es wird dafür ständig Energie benötigt. Mit sparsameren Geräte, welche besonders gekennzeichnet sind, wird versucht einem steigenden Energiebedarf vorzubeugen.

2.1. Kennzeichen einer Konsumgesellschaft

Am Ausgangspunkt der Kennzeichnung einer Konsumgesellschaft steht der Mensch, der seine Interessen, Wünsche und Bedürfnisse befriedigen möchte. Ein möglichst günstiger Preis, einer leicht beschaffbaren Ware lockt die Käufer in Massen an. Demgemäß profitiert die Wirtschaft an der Massenproduktion, aber auch der Dienstleistungssektor an der hohen Massenkaufkraft der Bevölkerung.⁷

In einer Studie des Robert Pütz Instituts spiegelt sich dieses definierte Gesellschaftsbild durch das Zitat „Konsum und Genuss lösen Arbeit und Pflichterfüllung als zentrale Lebensorientierung ab“ wieder. Die Arbeit wurde im Laufe der Zeit zunehmend ein Mittel für die Beschaffung von Konsumgütern, um sich die Freizeit möglichst schön zu gestalten. Der Bedarf an elektrischer Energie stieg aufgrund der Nutzung technischer Geräte, wie anfangs eines Radios oder einem Fernseher. Weitere Konsumwellen, wie z.B. Hausmaschinen Anfang des 20. Jahrhunderts, breiteten sich flächendeckend aus und vereinfachten vorwiegend der Hausfrau die Arbeit, aber stellen bis heute wachsende Anforderungen an die Energieversorgung.⁸

2.2. Bereitstellung von elektrischer Energiebedarf und resultierende Problem



⁶ Haufe Gruppe 2017

⁷ KonsUmwelt Arbeitsheft 1

⁸ Studie, Pütz Institut 2011 S.993

⁹ Abb. 1 Geothermie aufgrund der geringen Menge in Photovoltaik **regenerativer Anteil

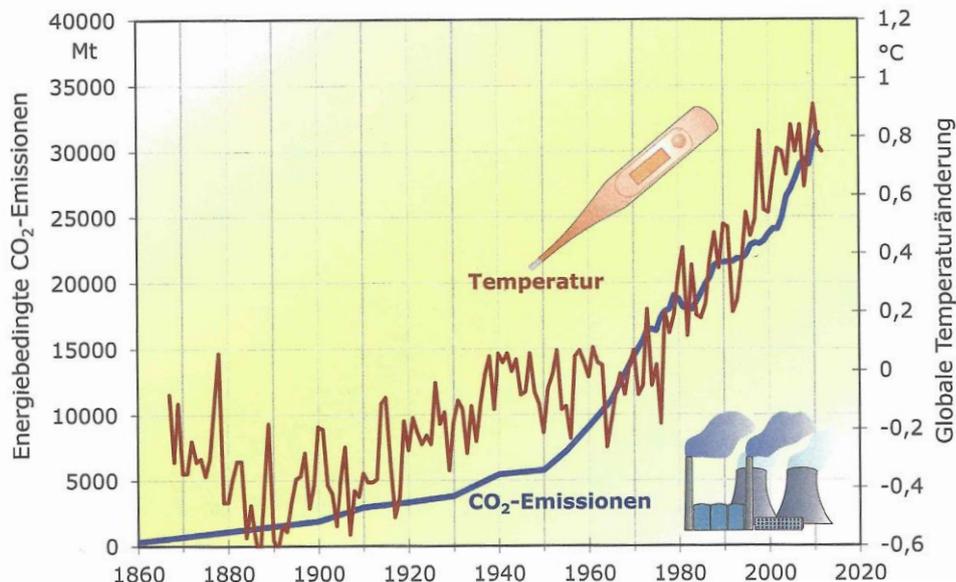
Die elektrische Energieversorgung wird, wie in Abbildung eins zu sehen, vorwiegend durch thermische Energieträger sichergestellt. Von den gesamten 650 TWh/a werden 190 TWh/a, ca. 30% von regenerativen Energieformen abgedeckt. Fossile Brennstoffe liefern indirekt die restlichen 70% der elektrischen Energie, indem sie verbrannt werden. In weiteren Schritten kann aus thermischer Energie elektrische Energie gewonnen werden.

Ein Problem liegt dabei darin, dass in etwa 50% der aufgebrauchten Energie, in Wärmeverluste verfällt, bei regenerativen Energieträgern liegt dieser Wert bei ca. 30%.¹⁰ Technische Möglichkeiten und Verbesserungen müssen weiterhin an dieser Stelle bereitstehen, um keine Energie zu verschwenden.

Um die Risiken von fossilen Brennstoffen darzustellen ist es nötig sich den Gesamtenergiebedarf von Deutschland anzuschauen. Fossile Brennstoffe werden zum Großteil, besonders im Verkehrssektor, direkt genutzt. Pro Jahr wird mehr als doppelt so viel Mineralöl, 1.400 TWh/a, wie elektrische Energie verbraucht. Mineralöl wird nahezu ausschließlich für PKW's und LKW's genutzt¹¹, das bedeutet, dass sich mehr als ein Drittel der gesamten Energie in Deutschland im Kraftstoff zur Fortbewegung befindet.

Infolge von zahlreichen Verbrennungen von thermischen Energieträgern zur Energiegewinnung werden Gase, wie z.B. CO₂, N₂O oder CH₄, in die Atmosphäre absorbiert, welche verhindern, dass ein Teil der Sonnenenergie wieder ins Weltall abgegeben wird. Die Erderwärmung, welche aufgrund des Energiestaus, der aufsteigenden sog. „Treibhausgase“ vorhanden ist, beträgt schon jetzt 0,9°C und ist über das Jahr nicht konstant verteilt. Es liegen Regionen vor, in denen die Temperaturschwankungen sehr hoch sind. Der Anstieg der Erderwärmung hängt mit dem Anstieg der CO₂-Emissionen, wie in Abbildung 2 zu sehen, stark zusammen.¹²

13



¹⁰ Studie, Deutsche Physikalischen Gesellschaft 2010, S.22

¹¹ KonsUmwelt

¹² V. Quaschnig 2013, S.51

¹³ Abb. 2

Solche drastischen Änderungen des Klimas von unserem sensiblen Ökosystem „Erde“ bringen gravierende Einwirkungen mit sich. Der Wert der gesamten Schäden und somit die Häufigkeit von Umweltkatastrophen nimmt seit 1960 exponentiell zu. Wir stehen jetzt noch am Anfang dieser Entwicklung.¹⁴

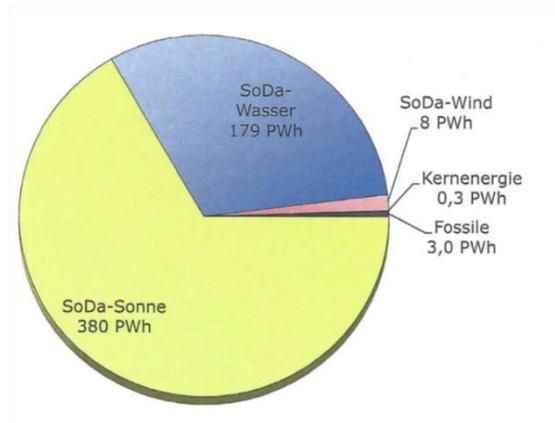
Um den CO₂-Gehalt nicht weiter zu erhöhen, werden Kernkraftwerke genutzt, in denen Energie durch die Kernspaltung gewonnen wird und dabei keine direkten Gase absorbiert werden. Mit einem Kilo Silizium in Solaranlagen kann ebenso viel Energie, wie aus einem Kilo Uran-235 gewonnen werden, welches im Gegensatz zum umweltfreundlichen, recyclebaren Silizium radioaktive Isotope hinterlässt. Die gleiche Energie wird durch Verbrennen von 3.000 Tonnen Kohle erzeugt.^{15 16}

„Um das 2 Grad Klimaschutzziel zu erreichen stünden jeder Person auf der Welt bis 2050 pro Jahr nur noch 2,7 Tonnen CO₂ zur Verfügung. Die durchschnittliche CO₂ Bilanz in Deutschland beträgt jedoch 11 Tonnen/Person/Jahr.“¹⁷ Von den 11 Tonnen werden 1,4 Tonnen für die Bereitstellung von elektrischer Energie verwendet.

Der Bedarf an elektrischer Energie und die daraus resultierende Nutzung von fossilen Brennstoffen bringt ökologische Folgen mit sich, welche schon kaum mehr aufzuhalten sind. Infolgedessen sollten technische Möglichkeiten bereitstehen, elektrische Energie emissionsfrei zu erzeugen.

2.3. Regenerative Energien

Regenerative oder erneuerbare Energien sind Energiequellen, die unter menschlichen Zeithorizonten nicht erschöpft werden können, da sie sich immer wieder neu regenerieren.¹⁸ Im Vergleich zu den thermischen Energieträgern bringen regenerative Energien keine Umweltprobleme mit sich, da diese unerschöpflichen Energien z.B. die Sonne nutzen. Regenerative Energiesysteme produzieren allerdings zu größten Teilen elektrische Energie, weswegen eine Umstellung der Energienutzung erfolgen müsste, z.B. im Mobilitätssektor, von Verbrennungsmotoren auf elektrisch betriebene Fahrzeuge.



19

Aus dieser Grafik heraus liegt das Fazit nahe, regenerative Energiequellen, der Sonne, des Windes und des Wassers, für die Erzeugung von elektrischer Energie auszuschöpfen, welche emissionsfrei und gratis, im Vergleich zu thermischen Energien, sogar im Überfluss, „so da“ sind.

99,4% des Gesamtenergieaufkommens in Deutschland ist auf die Sonnenstrahlung zurückzuführen. Über Millionen Jahre wurde die Sonnenstrahlung im Boden gespeichert, welche

¹⁴ V. Quaschnig 2013, S.45

¹⁵ C. Zimmermann 2004, S. 3

¹⁶ V. Quaschnig 2013 S.22f

¹⁷ Kons Umwelt Arbeitsheft 1

¹⁸ V. Quaschnig 2015 S.34

¹⁹ Abb. 3

durch tausende Meter tiefe Erdbohrungen effizient nutzbar ist.

Die Sonnenenergie lässt Wasser verdunsten, weswegen dieses in Bewegung kommt. Wenn nun an Wasserströme Generatoren angelegt werden, wird die Bewegungsenergie des Wassers in elektrische Energie umgewandelt.

Pflanzenreste und sonstiger natürlicher pflanzlicher Abfall können in Biomasse-Anlagen verbrannt werden, um Energie zu erzeugen.

Diese Formen der Energiegewinnung stellen nur ein kleines Potenzial für Deutschland dar, weil so tiefe Bohrungen kompliziert sind, in Deutschland geringe Höhenunterschiede sind, um die Bewegung des Wassers vollständig zu nutzen und weil Deutschland dicht besiedelt ist, sodass wenige natürliche Abfälle entstehen.²⁰

Die Erzeugung von elektrischer Energie durch einen Generator, über vom Wind angetriebenen Rotoren stellt neben der Nutzung der direkten Sonnenenergie, über Photovoltaikanlagen oder Solaranlagen, die Wasser erwärmen, ein großes Potential als regenerative Energieerzeuger dar.²¹

Im Jahr 2016 wurden 30% des Bedarfes an elektrischer Energie aus regenerativen Energiequellen erzeugt.²² Windkraftanlagen besaßen einen Anteil von 12%, Photovoltaikanlagen und Biomassekraftwerke je 6% und Wasserkraftwerke 3% des gesamten elektrischen Energiebedarfs.²³

2.4. Photovoltaikanlagen in Deutschland

Photovoltaikanlagen stellen eine Möglichkeit der regenerativen Energieerzeugungssysteme dar. PV-Anlagen produzieren ausschließlich elektrische Energie und können Kraftwerke, die auch nur elektrische Energie produzieren ablösen. Mit einer 5-kWh-Anlage können in NRW, bei einem durchschnittlichen Energieverbrauch einer Familie mit 4.700 kWh/a, 2,5 Tonnen Kohlendioxidemissionen jedes Jahr eingespart werden.²⁴

Die energetische Amortisation einer PV-Anlage beträgt im Mittel ca. 2 Jahre; ab diesem Zeitpunkt wird „grüne Energie“, über eine Lebensdauer von bis zu 30 Jahren erzeugt.²⁵

2.4.1. Funktionsweise

Die Sonne sendet permanent ihre Strahlung ab, die aus Photonen besteht. Photonen sind subatomare Energiepakete, die durch die Quantenphysik näher beschrieben werden. Diese Photonen werden als Energiestrahlen in Form von Licht zur Erde transportiert. Daher kommt auch der Name „Photovoltaik“; „Photo“ steht hierbei für Licht und „Voltaik“ für Volt, also eine Spannung.²⁶

Eine Solarzelle besteht hauptsächlich aus zwei Schichten: eine, auf der ein Elektronenüberschuss herrscht und eine andere, auf der sich ein Elektronenmangel befindet, d.h. die Schichten sind dotiert. Das wird dadurch erreicht, indem dem Silizium andere Stoffe beigemischt werden. Bor und Phosphor besitzen eine unterschiedliche Anzahl von frei beweglichen Elektronen, wenn man nun Bor der

²⁰ G. Brauner S.34

²¹ G. Brauner S. 41/61

²² Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

²³ Rückblick Abb. 1

²⁴ EnergieAgentur NRW 2017

²⁵ Palz, Zibetta S. 211-216

²⁶ V. Quaschnig 2013 S.122ff

einen und Phosphor der anderen Schicht aussetzt, entsteht ein elektrisches Feld. Silizium ist hier als Halbleiter vorhanden. Leiter leiten Elektronen nur bei Anlegen einer Spannung, d.h. es kommen Elektronen direkt an den Stoff, z.B. Kupfer. Silizium lässt die Elektronen aber schon fließen, wenn gewisse äußere Einflüsse wirken - die Photonen. Auf dem Weg von der Schicht mit dem Elektronenüberschuss zur Schicht, indem ein Elektronenmangel herrscht, werden die Elektronen über ein Kabel weggeleitet und als elektrischer Stromfluss genutzt. Hierbei entsteht eine Spannung von 0,6 bis 0,7 Volt pro Zelle. 32 bis 40 Zellen in Reihe geschaltet reichen aus, um eine 12 Volt Batterie laden zu können. Für eine Netzeinspeisung sind allerdings höhere Spannungen nötig, deshalb werden noch mehr Zellen aneinander geschaltet.²⁷

2.4.2. Herstellung

Das zweithäufigste Element auf der Erde²⁸, Silizium tritt am häufigsten als Quarzsand, Siliziumoxid (SiO₂) auf. Unter einer Temperatur von 2.000°C wird das am Ende zu 98-99% reine Silizium aus der Verbindung getrennt. Eine Reinheit von 99,99% wird durch eine Versetzung mit Chlorwasserstoff und anschließender Destillation bei 1.000-1.200°C erreicht.²⁹ Das nun abgekühlte Rohmaterial wird in bis zu 0,2 Millimeter dünne Stücke geschnitten und den Dotierungsstoffen ausgesetzt, dadurch entsteht das elektrische Feld und der Elektronenüberschuss/-mangel.³⁰ Bei dem Schneidvorgang gehen bis zu 50% des Rohstoffes verloren.³¹ Die nun fertig dotierten Siliziumzellen, die bei einer Größe von 6 Zoll etwa 16 Gramm wiegen³², wird nun noch bei 100°C mit einem Kunststoff und Glas verbunden, der die empfindliche Zelle vor Witterung schützen soll, diese Stoffe müssen sehr Lichtdurchlässig sein, um einen hohen Wirkungsgrad der Zelle sicher zu stellen. Außen wird noch ein Isolator um die Zelle gelegt und zum weitem Schutz ein Aluminiumrahmen. Außerdem ist eine Modulanschlussdose mit einem Kabel auf der Rückseite der Zelle angebracht.³³

Die größten Solarmodulhersteller stellten 2013 in China PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von über 7.400 MW her. Firmen in Nordamerika produzierten davon etwa 50% und Japan besaß den dritt größten Marktanteil.³⁴ Einer von vier chinesischen Unternehmen schaffte es, die ausgelieferte Leistung von 2.500 MW (2013) auf 6.700 MW (2016) zu erhöhen. Yingli Solar ist weltweit der größte Solarmodulhersteller.³⁵ Yingli Solar besitzt das SA8000-Zertifikat, welches sicherstellt, dass die Solarmodule unter fairen Bedingungen hergestellt worden sind.³⁶

Europäische Hersteller, wie z.B. „Bosch“, bei dem die Herstellung eingestellt wurde und das Unternehmen derzeit ausschließlich Dienstleistungen (Wartung, Service,

²⁷ V. Quaschnig 2013 S.124

²⁸ C. Zimmermann 2004 S.3

²⁹ V. Quaschnig 2013 S.128

³⁰ s. 2.3.6.1 Funktionsweise

³¹ V. Quaschnig 2013 S.129

³² V. Quaschnig 2013 S.156

³³ V. Quaschnig 2013 S.130

³⁴ Greentech Media, Statista

³⁵ Statista

³⁶ Social Accountability International

Analysen und Reparaturen von PV-Anlagen) erbringt, verlieren an der globalen Marktzugehörigkeit.³⁷

2.4.3. Flächendeckende Energieversorgung als Möglichkeit

Der Bedarf an elektrische Energie beträgt im Jahr 2016 650 TWh/a. Die derzeit 1,5 Millionen PV-Anlagen lieferten 6% des elektrischen Energiebedarfes, also ca. 40 TWh/a. Die potentielle Nennleistung von PV-Anlagen auf Äckern, brachliegenden Flächen und Hausdächern, ergeben in der Summe etwa eine Gesamtleistung von ca. 250 TWh/a.³⁸ Das Potenzial der Photovoltaikanlagen ist also noch nicht erreicht. Es können noch sechsmal so viele Photovoltaikanlagen errichtet werden, wie heute bereits in Betrieb sind. Auch mit einem derartig großen Ausbau könnten PV-Anlagen den elektrischen Energiebedarf in Deutschland nur zu 38% decken.

Laut Volker Quaschnig ist es in einigen Jahren aufgrund von Leistungseffizienz und technischen Errungenschaften wahrscheinlich möglich, die PV-Nennleistung zu vervierfachen, trotzdem hat er einen Einwand-„Ein derart großer Einsatz der Photovoltaik ist jedoch nicht sinnvoll, denn dadurch würden hohe Überschüsse produziert und es wären große und teure Speicher notwendig.“³⁹

Demzufolge wäre eine Deckung, des heutigen Energiebedarfs in der Zukunft möglich, aber durch Elektromobilität, Speicherverluste und Wärmetechnik steigt der elektrische Energiebedarf wahrscheinlich bis 2040 auf 1.400 TWh/a an.⁴⁰ Das Potenzial der vervierfachen Nennleistung wäre demnach auch für den künftigen Energiebedarf zu wenig, da die Nennleistung von 1.000 TWh den Energiebedarf der Zukunft nur zu 71% deckt, was eine Deckung der elektrischen Energie alleine durch Photovoltaikanlagen unmöglich macht.

PV-Anlagen erzeugen heutzutage Überschüsse von bis zu 500 GWh/d, an einem sonnigen Frühlingstag an elektrischer Energie deutschlandweit, welche teilweise zu Netzüberlastungen führen können, weil die Kraftwerke, die mit thermischen Energien betrieben werden nicht so schnell ausgeschaltet werden können, wenn PV-Anlagen um die Mittagsstunden am meisten Energie erzeugen.⁴¹ In der Zukunft, mit einer höheren Nennleistung der Anlagen, fallen wahrscheinlich größere Überschüsse an, doch es bestehen neben Akku-Speichern auch andere Möglichkeiten, die Energie effizient zu Speichern.

Aufgrund solcher Probleme, ist es nötig, Verbesserungen und die Ausbaufähigkeit anzubringen, wie Photovoltaikanlagen flächendeckend Energie bereitstellen können, sodass keine Netzüberlastungen, Speicherverluste oder Effizienzminderungen entstehen.

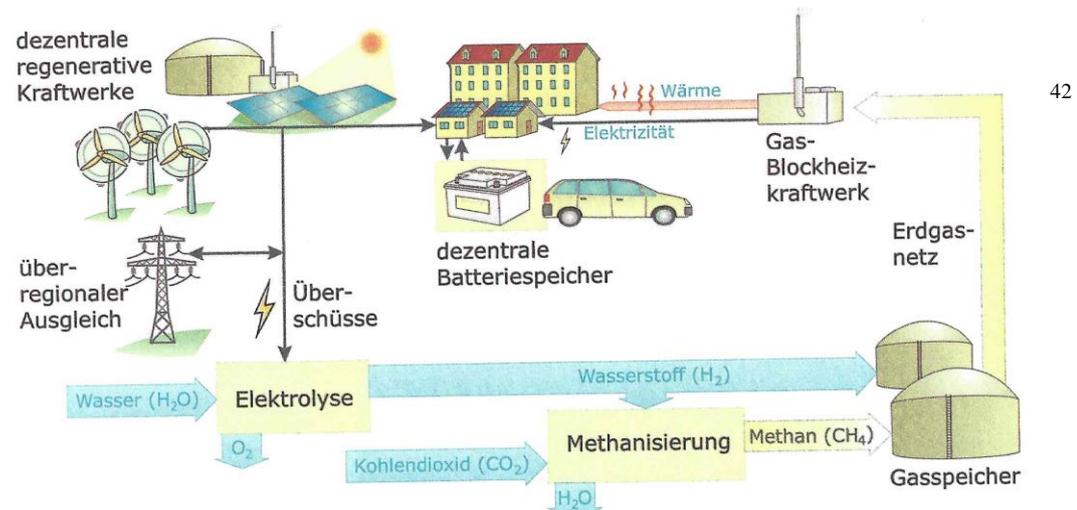
³⁷ Bosch Solar Services

³⁸ G. Brauner S.14

³⁹ V. Quaschnig 2015 S.39

⁴⁰ V. Quaschnig 2015 S.42

⁴¹ V. Quaschnig 2015 S.261



Die „Power-To-Gas“-Technologie, welche in einem von Volker Quaschnig erstellten Diagramm eines regenerativen Speicherkonzepts, ein Hauptbestandteil ist, stellt in einem umwelt-verträglichen Kreislauf eine sinnvolle Nutzung und Speicherung für erzeugte elektrische Überschüsse dar.

Elektrische Energie wird hierbei benötigt, um chemische Reaktionen in Gang zu setzen. Bei der Elektrolyse von Wasser wird Wasserstoffgas und Sauerstoff erzeugt. Bei der anschließenden Methanisierung entstehen aus Wasserstoff und Kohlendioxid Wasser und Methan.⁴³ Methan ist Erdgas und findet heutzutage schon Anwendung in der Automobilindustrie⁴⁴ oder als Heizgas. Mit überschüssiger elektrischer Energie können Stoffe umgewandelt werden, dessen Energie später genutzt werden kann. Der Kohlendioxid-Gehalt in der Luft wird bei der Herstellung gesenkt und während des Verbrauches wieder in gleichen Teilen in die Umwelt abgegeben. Gas- und Dampfkraftwerke, die aus Methan Wärme und elektrische Energie zurückgewinnen, sind demnach regenerativ zu betrachten.

Weitere Möglichkeiten, diese Überschüsse zu kompensieren bieten Pumpspeicherkraftwerke, welche heute schon 40 GWh/d an elektrischer Energie einspeisen können. Wenn jedes Haus noch einen eigenen Speicher haben würde, könnten künftig 100 GWh/d eingespeist werden. Die gleiche Menge an elektrischer Energie würde genutzt werden, wenn jedes zweite Auto in Deutschland ein Elektroauto wäre, welche man am Tag aufladen würde. Außerdem kann die restliche Energie für Raum- und Wassertemperaturänderungen privat und industriell genutzt werden.⁴⁵

Infolgedessen werden Ressourcen, wie Kraftstoff in der Automobilindustrie, Heizgas und große Mengen an fossilen Energieträgern eingespart und somit zuvor dargestellte Probleme der thermischen Energieträger gemindert.

2.4.4. Privatnutzung von Photovoltaikanlagen in Deutschland

Über den PV-Rechner der EnergieAgentur NRW können Modellierungen einer Photovoltaikanlage und deren Kosten bestimmt werden, welche für das Folgende

⁴² Abb. 4

⁴³ Reaktionsgleichung: $4 H_2$ (Wasserstoff) + CO_2 (Kohlendioxid) \rightarrow CH_4 (Methan) + $2 H_2O$ (Wasser)

⁴⁴ AUDI AG „g-tron Modelle“

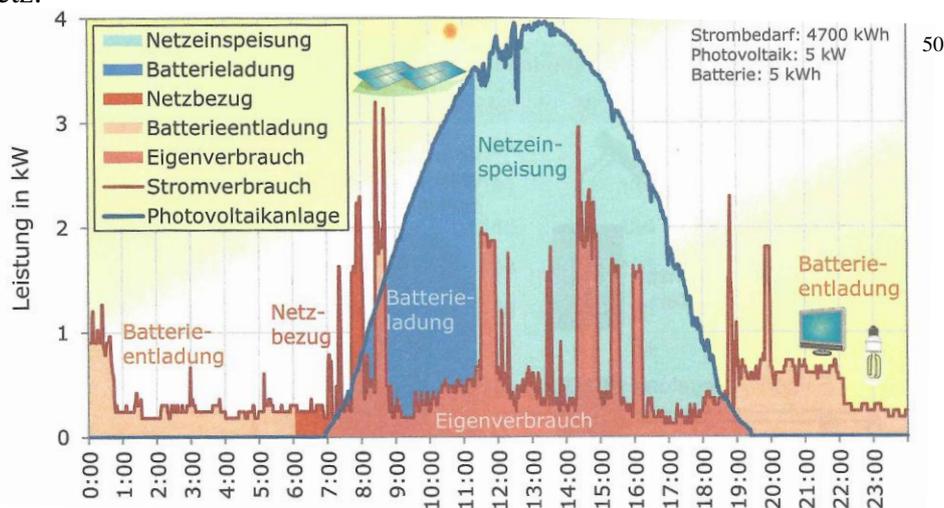
⁴⁵ Volker Quaschnig Symposium

genutzt wurden.

Eine Photovoltaikanlage für eine Familie mit durchschnittlichem Energiebedarf von 4.700 kWh in einem Einfamilienhaus mit Südausrichtung des Daches, benötigt laut der EnergieAgentur NRW, in etwa eine Nennleistung von 5 kW, um eine optimale finanzielle Amortisation zu erzielen.⁴⁶ Die Anschaffungskosten belaufen sich ca. auf 8.000 €. Der Eigenverbrauchsanteil der elektrischen Energie, die die Anlage erzeugt liegt bei 28%; die restlichen 72% werden ins Netz eingespeist und mit einer Einspeisevergütung von 12 Ct/kWh⁴⁷ vergütet. Elektrische Energie, die außerhalb der Dargebotsperiode der PV-Anlage benötigt wird, muss aus dem Netz für 28 Ct/kWh gekauft werden. Mit Einbezug der Betriebskosten von 2% der gesamten Investition und einer Betriebskostensteigerung von 1.5 % wird sich die Anlage nach ca. 11 Jahren Nutzung amortisieren.⁴⁸

Ein Speichersystem, in dem die Energie der Dargebotsperiode gespeichert ist, welches eine Kapazität von 5 kWh besitzt, erhöht den Eigenverbrauchsanteil um das Doppelte, weil ein Teil der Energie jederzeit außerhalb der Erzeugungszeit nutzbar ist, bis der Speicher leer ist. Eine Speicherladung reicht in der Regel von abends bis morgens früh. Aufgrund eines Speichers steigen allerdings die Anschaffungskosten um ca. 6.500 €. Die Amortisationszeit ist mit ca. 9 Jahren geringer, allerdings muss in der Regel ein Speicher nach 15 Jahren gewechselt werden, was Weitere 5.000 € kostet. Die schnellere Amortisierung hängt mit den hohen Stromnetzkosten und der geringen Einspeisevergütung zusammen.⁴⁹

Die folgende Abbildung stellt den Verbrauchszyklus an elektrischer Energie einer Familie am Sonntag eines Frühjahres dar. Die Photovoltaikanlage deckt die Tagesenergie im Frühling und somit auch im Sommer nahezu zu jeder Zeit. Von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang kann die elektrische Energie genutzt werden. Die Vollladung des Speichers, durch Überschüsse an elektrischer Energie, die nicht direkt genutzt werden, dauert, in etwa 5 Stunden. Danach, wenn die Sonne im Zenit steht und die PV-Anlage die volle Leistung erreicht, gelangen die Überschüsse ins Netz.



⁴⁶ optimale finanzielle Amortisierung bei x Jahresverbrauch entspricht x Wh der PV-Anlage; G. Brauner

⁴⁷ Bundesnetzagentur

⁴⁸ EnergieAgentur NRW PV.Rechner; Bsp. 1

⁴⁹ EnergieAgentur NRW PV.Rechner; Bsp. 1 mit Speicher

⁵⁰ Abb. 5

Eine völlige Unabhängigkeit des Netzes wird nahezu sichergestellt, aber in den Morgen Stunden, wenn der dezentrale Speicher entladen ist und sehr viel elektrische Energie bereitgestellt werden muss, wird diese aus dem Netz bezogen.

Die Speichergröße sollte am besten so groß gewählt werden, dass die Akkuladung noch bis morgens früh reicht. Eine netzoptimierte Betriebsweise sähe laut Herrn Quaschnig so aus, dass der Speicher erst dann geladen wird, wenn das Photovoltaiksystem eine hohe Leistung liefert. Das entspricht in diesem Diagramm die Zeitspanne von 11-15 Uhr.⁵¹

Demzufolge werden nicht die Überschüsse aus den Mittagsstunden ins Netz eingespeist, sondern zum Teil welche am Morgen und Mittags nur das, was der Speicher nicht mehr aufnehmen kann. Dieses Verfahren beugt Netzüberlastungen durch PV-Anlagen vor, da die thermischen Kraftwerke noch Mittags aktiv sind, weil morgens so viel Energie benötigt wird. Wenn Morgensfrüh die Überschüsse eingespeist werden und nur wenige Kraftwerke eingeschaltet sind, wird der dezentrale Hausspeicher Mittags geladen und es entstehen weniger, zu große Überschüsse Mittags.

Eine höhere Investition, aufgrund eines Speichers oder eine größere Anlage, steigert die Unabhängigkeit von zentralen Energieversorgern eines Privathaushalts und mindert Verluste von elektrischer Energie bei der Netzeinspeisung. Außerdem werden nicht-regenerative-Energiekraftwerke entlastet und die Energie der eigenen PV-Anlage ist für andere Zwecke nutzbar.

Die großen vier Energieunternehmen E.ON, RWE, EnBW und Vattenfall haben einen Anteil von 5% an der bundesweiten installierten Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieanlagen. Privatpersonen decken die Verteilung zu 35%. Demnach ist die „Energiewende in Bürgerhand“.⁵²

3. Fazit

Photovoltaikanlagen als alleiniger elektrischer Energieversorger sind in Deutschland nicht möglich. Zu große Speicher wären nötig, um die Überschüsse aus dem Sommer in Sonnen schwachen Monaten nutzen zu können. Außerdem wäre trotz eines flächendeckenden Ausbaus und verschieden Ergänzungssystemen, nicht genug elektrische Energie vorhanden.

Das Zitat: „Konsum und Genuss lösen Arbeit und Pflichterfüllung als zentrale Lebensorientierung ab.“⁵³, bezieht sich auf die Entstehung des Konsumverhaltens, doch jetzt gilt es dieses zukunftsorientiert zu ändern. Um nicht an die Grenzen der Energieerzeugung und die daraus resultierenden Folgen zu gelangen, fängt nun die Zeit einer drastischen Änderung an.

„Konsum und Genuss lösen Arbeit und Pflichterfüllung als zentrale Lebensorientierung (für eine nachhaltige Energieversorgung) aus“. Mit der Änderung eines Wortes wird ein ganz anderer Sinn ermöglicht. Unser Wohlstand zwingt uns, unser Wissen und Handeln für eine nachhaltige Energieversorgung für unsere Bedürfnisse einzusetzen. Es gilt hierbei die Erderwärmung zu reduzieren, den CO₂-

⁵¹ V. Quaschnig 2015 S.267

⁵² V. Quaschnig S.120

⁵³ Verweis auf S. 4

Ausstoß zu senken und die Absonderung verschiedener Schadstoffe durch fossile Brennstoffe einzudämmen. Dabei dürfen Konsum und Genuss aber nicht beeinträchtigt werden.

Jeder Bürger muss sein Konsumverhalten kritisch hinterfragen und im Hinterkopf behalten, dass wir in einem sehr komplexen Ökosystem leben, welches jetzt schon gestört ist. Ein dezentrales Photovoltaiksystem auf dem eigenen Dach seines Einfamilienhauses, leistet einen Beitrag zur Verbesserung des Klimahaushalts der Erde und zur generellen Unterstützung von regenerativen Energieformen zur Energieerzeugung. Ideal ist für den Durchschnittsverbraucher in Deutschland eine 3-5 kW-Anlage mit Speicher, um die eigen produzierte Energie auch außerhalb der Dargebotsperiode zu nutzen und somit unabhängiger vom landesweiten Netz zu sein. Eine in Bürgerhand liegende Energiewende und einige Unternehmen, die von fossilen Energien abgeneigt sind, sind gute Schritte zu einer regenerativen Energieversorgung.

Sinnvolle Aussichten von regenerativen Energien in Deutschland sind Nutzungen von PV- und Windanlagen. Zusammen addiert ergibt sich eine potentielle Nennleistung von 3.200 TWh/a. Hierbei erzeugen on- und offshore Windanlagen in etwa 2.900TWh/a mit einer Volllaststundenanzahl von ca. 4.000h/a. Bei PV-Anlagen beträgt dieser Wert 1000h/a.⁵⁴

Da das Potenzial der beiden größten regenerativen Energien so hoch ist, liegt die Perspektive nicht nur ausschließlich auf dem Bedarf an elektrischer Energie, da dieser problemlos zu decken sein wird, sondern an dem Gesamtenergiebedarf von 3.700 TWh/a. Demzufolge ist es nötig, dass vorab eine flächendeckende Umstellung auf Elektromotoren erfolgt, um ausschließlich die klimaverträglich, gewonnene elektrische Energie zu nutzen.

Effizienzsteigerung von ca. 10% wären erforderlich, um den heutigen Gesamtenergiebedarf decken zu können. Einsparmöglichkeiten und Effizienzsteigerungen sind bei Elektrofahrzeugen vorhanden, weil diese 30% weniger Energie, als herkömmliche Verbrennungsmotoren benötigen. Außerdem können weitere 10% durch thermische Gebäudesanierungen eingespart werden und „neue Technologien sind bis zu 70% an Einsparungen beteiligt.“⁵⁵

Weitere Aspekte bringt Volker Quaschnig in einem Symposium zu „Photovoltaische Solarenergie“ ein, dass jedes Jahr für 100 Mrd. € fossile Brennstoffe aus dem Ausland importiert werden und dass ein flächendeckender Ausbau von regenerativen Energien eine Investition von 3-4 Mrd. € fordert. Diese einmalige Zahlung sichert die Energieversorgung nachhaltig, als dass es fossile Brennstoffe des selbigen Wertes tun könnten. Außerdem fordert er eine radikale Änderung der Energiegewinnung und bemängelt die Festlegungen des Pariser Klimaschutzabkommens und die Konzeptlosigkeit der Regierung, dass die Temperaturbegrenzung bei 1,5°C liegen soll und die Treibhausreduktion bis 2050 um 95% gesenkt sein soll. Ferner hat das Pariser Klimaschutzabkommen beschlossen, dass alle börsenorientierten Unternehmen konkreten Aussagen zu Klimarisiken zu den Informationspflichten ergänzen sollen. Volker Quaschnig hat

⁵⁴ G. Brauner S.42

⁵⁵ G. Brauner S.14

sich mit diesen Themen auf einem Symposium auseinandergesetzt und bemängelt: „Die aktuelle deutsche Energiepolitik steht im krassen Widerspruch zu den Klimaschutzbekenntnissen“ und den Forderungen von Wissenschaftlern und Umweltschützer.“⁵⁶

Im Gegensatz zu der vielen Kritik an die deutsche Politik, befasste sich das „Institute for advanced Sustainability Studies“ (IASS) Potsdam in der Studie „Deutschlands Energiewende“ mit der Fragestellung „Treiber einer globalen Transformation?“, welche im Jahr 2016 veröffentlicht wurde. Aus ihr geht hervor, dass Deutschland mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der Initiative zur Gründung einer internationalen Organisation für Erneuerbare-Energien (IRENA) eine internationale Signalwirkung zeigt, die nicht nur von Industrie-, sondern auch von Entwicklungs- und Schwellenländern wahrgenommen wird. Mehr als 100 Länder lehnen sich an das EEG an und nutzen Einspeisevergütungen für die Förderung erneuerbarer Energiequellen. Deutschland nutzt im Stromsektor 30% regenerative Energien; der weltweite Durchschnitt liegt bei 20%. Andere EU-Länder nutzen schon jetzt deutlich mehr regenerative Energiequellen im Stromsektor, wie z.B. Österreich mit 78%, oder Lettland mit 68%; Island nutzt wie einige Länder in Afrika zu 100% regenerative Energien um elektrische Energie zu erzeugen. Deutschland ist also nicht das einzige Land, was die Energiewende vorantreibt. Außerdem investierte China 83,3 Mrd. \$ in erneuerbare Energien, das sind 30 Mrd. \$ mehr, als ganz Europa investierte. Entwicklungs- und Schwellenländer haben einen Anteil von 18% der Gesamtinvestitionen, welche sich auf 270 Mrd. \$ belaufen. Deutschland besitzt vor China und Japan die höchste globale Kapazität von Photovoltaik.⁵⁷

Die Lappeenranta University of Technology (LUT) modellierten in Zusammenarbeit mit der Energy Watch Group (EWG) 2017 Möglichkeiten, ausschließlich regenerative Energieträger weltweit für die Erzeugung von elektrischer Energie zu nutzen, in ihrer Studie „Global Energy Systems based on 100% renewable Energy-Power Sector“, global für das Jahr 2050, welche im Rahmen der Klimakonferenz der Vereinten Nationen COP23 in Bonn präsentiert worden ist.

Laut dieser Studie kann elektrische Energie weltweit zu 100% über das gesamte Jahr 2050 bereitgestellt werden. In diese Ergebnisse mit einbezogen ist ein Bevölkerungsanstieg auf 9,7 Mrd. Menschen, wie auch ein verdoppelter elektrischer Energiebedarf, von 48.800 TWh/a mit fallenden Energiekosten von 52 €/MWh (2015: 70 €/MWh). Photovoltaikanlagen in Kopplung mit Speichersystemen könnten den elektrischen Energiebedarf weltweit zu 69% decken. Demnach besitzen sie das größte Potenzial, neben Windenergie, Wasserkraft und Bioenergie. Regenerative Gas Erzeugnisse, z.B. durch die Power-to-Gas Technologie sollen nur 5% der erzeugten Überschüsse saisonal speichern. Die restlichen 95% würden von Batteriesystemen gespeichert werden, die tägliche Schwankungen ausgleichen.

Weitere Vorteile neben den Kostensenkungen und einer zu 100% gedeckten Energieversorgung durch regenerative Energien, ist die Arbeitsplatz-erhöhung um das Doppelte im Stromsektor, auch dass die Gesamterzeugungsverluste von

⁵⁶ Volker Quaschnig Symposium

⁵⁷ IASS Studie

heutzutage 58% um mehr als die Hälfte sinken, da in Kraftwerken, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden viel Energie in Wärmeverluste umgewandelt wird.⁵⁸ Der Hauptautor dieser Studie, Christian Breyer verdeutlicht diese Situation und sagt dazu: „Eine komplette Dekarbonisierung des Elektrizitätssektors bis zum Jahr 2050 ist umsetzbar und dabei kostengünstiger als das heutige Stromsystem. Die Energiewende ist nicht länger eine Frage von technologischer Umsetzbarkeit oder wirtschaftlicher Rentabilität, sondern eine Frage des politischen Willens“⁵⁹

Diesbezüglich kann Anthony Hobleys Kritik an die Politik, an diese Stelle angebracht werden. „Klimaschutz muss auf die Finanzmärkte übertragen werden. Wer die Geldströme lenkt, kann echten Druck erzeugen“⁶⁰

Selbst Unternehmen wie Adidas, Unilever, H&M, Puma, Russlands größter Aluminiumhersteller und Allianz „fordern einen Abbau von Subventionen fossiler Energieträger und die Einführung eines CO₂-Preises“.⁶¹

Bis vor 200 Jahren wurde der Energiebedarf hauptsächlich aus regenerativen Energien sichergestellt. Die Weltbevölkerung verbrauchte bis jetzt schon große Teile der Ressourcen und in spätestens 300 Jahren wird es wahrscheinlich keine mehr geben. Bis dahin muss die Umstellung, auf flächendeckend regenerative Energien erfolgen.

Es ist noch viel Gesprächsbedarf nötig, um die Energieversorgung langfristig, umweltfreundlich zu decken, obwohl es schon technisch möglich ist und der Wille der Bevölkerung vorhanden ist, sind viele Politiker, die Einfluss zu einer regenerativen Umstrukturierung der Energieversorgung haben, noch nicht an die Stelle gelangt, eine Energierevolution an erste Stelle zu setzen.

⁵⁸ LUT & EWG Studie

⁵⁹ Christian Breyer, Hauptautor der Studie, LUT Professor für Solarwirtschaft und Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirats der EWG

⁶⁰ Anthony Hoble

⁶¹ Zaremba Die Zeit

4. Literaturverzeichnis

Brauner, Günther: „Energiesysteme: regenerativ und dezentral“, Wien, 2016

Quaschnig, Volker: „Erneuerbare Energien und Klimaschutz“, Berlin, 3.Auflage, 2013

Quaschnig, Volker: „Regenerative Energiesysteme“, Berlin, 9. Auflage, 2015

Gebhardt, Hans; Radtke, Ulrich; Glaser, Rüdiger; Reuber, Paul: „Geografie, Physische- und Humangeografie“, Studie der Robert Pütz Institut, Frankfurt am Main, 2. Auflage, 2011

Blessin, Sandra; Mireille Remesch: „Verantwortungsvoller Konsum: Wir können auch anders“, KonsUmwelt, ein Jugendbildungsprojekt zum Umwelt- und Ressourcenschutz Arbeitsheft, Hamburg, 2013

Zimmermann, Christoph: „Ökobilanz von Photovoltaikanlagen (PVA)“, 2004

Ram, Manish; Bogdanov, Dmitrii; Aghahosseini, Arman; Oyewo, Solomon; Gulagi, Ashish; Child, Michael; Breyer, Christian; Fell, Hans-Josef: „Global Energy Systems based on 100% renewable Energy-Power Sector; Die wichtigsten Erkenntnisse“, Studie der Lappeenranta University of Technology (LUT) & Energy Watch Group (EWG), Berlin, 2017

Quaschnig, Volker: „Photovoltaische Solarenergie, Sektorkopplung durch die Energiewende: Wie viel Photovoltaik brauchen wir?“ 32. Symposium Bad Staffelstein, 2017

Keilhacker, Martin; Bruhns, Hardo: „Elektrizität: Schlüssel zu einem nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem“, Studie der Deutsche Physikalische Gesellschaft, Bad Honnef, 2010

Quitow, Rainer, Röhrkasten, Sybille, Jänicke, Martin: “Deutschlands Energiewende: Treiber einer globalen Transformation?“ Studie der Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), Potsdam, 2016

Abbildung 1: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern (Stand: März 2017)

Quelle:<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/Energiedaten/Energiegewinnung-und-Energieverbrauch/energiedaten-energiegewinnung-verbrauch-03.html> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Abbildung 2: Verlauf der energiebedingte CO2-Emissionen und der globalen Temperaturänderung

Quelle: V. Quaschnig 2013 S.51

Abbildung 3: Gesamtenergieaufkommen in Deutschland

Quelle: V. Quaschnig 2013 S.33

Abbildung 4: Speicherkonzept für eine rein regenerative Elektrizitätsversorgung

Quelle: V. Quaschnig 2015 S.54

Abbildung 5 Leistungsflüsse eines netzgekoppelten photovoltaischen Batteriesystems bei einem Haushalt in einem Einfamilienhaus an einem schönen Sonntag im Frühjahr Quelle: V. Quaschnig 2013 S.141

<https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/ist-nicht-wasserdampf-statt-co2-das-wichtigste> [Rahmstorf, Stefan: Umweltbundesamt; Abruf: 24.12.2017, 13:27 Uhr]

<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>
[Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Abruf: 19.12.2017 17:47 Uhr]

<https://www.audi.com/corporate/de/innovationen/alternative-antriebe/audi-g-tron.html> [AUDI AG; Abruf: 24.12.2017, 13:35 Uhr]

http://www.bosch-solarenergy.de/de/bosch_se_serviceorganisation/dienstleistungen_2/dienstleistungsangebote.html?tab=2 [Bosch Solar Services; Abruf: 28.12.2017 21:14]

<http://www.sa-intl.org/> [Social Accountability International; Abruf: 30.12.2017 20:17]

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/719069/umfrage/groesste-solarmodulhersteller-weltweit-nach-absatz/> [Statista; Abruf: 28.12.2017 21:05]

<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/solarmodule/hersteller.html> [Greentech Media, Statista Abruf: 28.12.2017 20:53]

<http://www.energieagentur.nrw/solarenergie/solarstrom-photovoltaik>
[EnergieAgentur NRW; Abruf: 27.12.2017, 18:35]

<http://www.energieagentur.nrw/tool/pv-rechner/> [EnergieAgentur NRW PV.Rechner; Abruf: 28.12.2017 22:22] [Erstellte Beispiele: 01.01.2018 17:12]

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html#doc732052bodyText8 [Bundesnetzagentur; Abruf: 01.01.2018 17:24]

<http://www.zeit.de/wirtschaft/2017-12/klimagipfel-paris-kohleausstieg-wirtschaft-emmanuel-macron> [Zaremba, Nora: „Was der Kohleausstieg die Wirtschaft kostet“, Die Zeit; Abruf: 04.01.2018 18 :47]

<https://www.haufe.de/marketing-vertrieb/e-commerce/handel-kaufverhalten-deutschland-shoppt-europa-spart-128-434540.html> [„Kaufverhalten: Deutschland shoppt, Europa spart“, Haufe-Gruppe; Abruf: 17.01.2018 17:36 Uhr]

5. Eigenständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literatur- und Quellenverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort/Datum/Unterschrift