

Orangebuch

Energie

**Reinhold Deuter
Ingolf Müller
Jörg Diettrich**

Vorwort/Klappentext

Wir haben es geschafft. Das Orangebuch ist nach einigen Monaten intensiver Recherchearbeit und produktiven Dialogs über endgültige Formulierungen endlich fertig.

Das Buch ist kein Roman, sondern ein Sachbuch. Wir richten uns vor allem an Menschen, die sich die Frage stellen, inwieweit die aktuelle Energiepolitik der Bundesregierung tatsächlich dem Gemeinwohl dient. Technisches Interesse ist hilfreich bei der Lektüre, aber keine zwingende Voraussetzung. Das gilt umso mehr, weil wir uns bemüht haben, auch schwierigere Sachverhalte in verständlicher Sprache darzustellen. Dabei mussten wir Abweichungen von einer durchgehend exakten, wissenschaftlichen Darstellungsweise bewusst in Kauf nehmen. Natürlich wissen wir, dass es z.B. weder „Energieerzeugung“ noch „Energieverbrauch“ im physikalischen Sinne gibt. Aber an allen Stellen von „Energieumwandlung von Energieform A in Energieform B“ zu schreiben, hätte vermehrt zu sperrigen Satzmonstern geführt.

Energiepolitik geht uns alle an, weil wir alle davon betroffen sind und das in viel stärkerem Maße, als sich die meisten Menschen vorstellen können. Aus den Erkenntnissen, die wir Ihnen hier aus dem Feld der Energiepolitik präsentieren, lassen sich durchaus auch Schlüsse auf die allgemeine Herangehensweise ziehen, mit der wir Bürger von der Politik verwaltet werden.

Unser Ziel ist das Aufzeigen von Zusammenhängen, die oft verschleiert werden. Wie mit einem starken Scheinwerfer beleuchten wir Dinge, über die in den unseren Massenmedien nur selten berichtet wird. Und wir haben Erstaunliches dabei gefunden.

Wir wissen, dass die Umsetzung der Energiewende, denn darum geht es vordergründig in unserem Buch, eine sehr vielschichtige und komplizierte Aufgabe ist. Viele Zusammenhänge werden im Internet bereits sehr gut erläutert. Manche Quelle zitieren wir wörtlich, bei den meisten mussten wir uns mit einem Verweis begnügen. Die Auswertung der Quellen ermöglichte es uns zudem, neue Zusammenhänge abzuleiten.





Falls Sie eines der wenigen gedruckten Exemplare vorliegen haben, ist es trotzdem vorteilhaft, parallel mit der digitalen Fassung zu arbeiten. Verweise zu unseren Quellen sind dann mit einem Klick zugänglich. So gesehen öffnet sich eine wahre Schatztruhe an neuem Wissen, in bisher unbekannten Zusammenhängen.

Viel Spaß bei der Arbeit mit diesem Buch wünscht Ihnen...

...Ihr Autorenteam Orangebuch (Reinhold Deuter, Jörg Diettrich, Ingolf Müller)

Der nachfolgende Text wird unter einer Open-Content-Lizenz veröffentlicht [0.0.1]¹.

Die vorliegende Version ist eine **Arbeitsversion** in digitaler Form. Der Text wurde für den Adobe Acrobat Reader optimiert und getestet. In den Fußnoten sowie Inhaltsverzeichnissen wird umfangreich auf externe Links verwiesen. Wir haben diese Verlinkungen sorgfältig ausgewählt, sind jedoch nicht für deren Inhalt verantwortlich. Ebenso nutzen wir interne Verweise zur Navigation innerhalb des Orangebuchs. Wählen Sie den entsprechenden Link und nutzen Sie die Adobe Funktion

  oder   um zwischen den Textstellen zu springen.

1. [0.0.1] https://irights.info/wp-content/uploads/userfiles/DUK_opencontent_FINAL.pdf

0. Einleitung

Inhaltsverzeichnis

1.	Energieversorgung in Deutschland – der IST-Zustand.....	8
1.1	Sektoren der Energieversorgung.....	8
1.2	Energiebedarf Deutschlands – heute und prognostiziert.....	8
1.3	Unsere erweiterte Definition für Primärenergie.....	11
1.4	Aktueller Anteil erneuerbarer Energien im europäischen Vergleich.....	12
1.5	Fossile Energieträger.....	14
1.5.1	Natürliche Vorkommen Deutschlands.....	14
1.5.2	Bevorratung.....	14
1.5.3	Verbraucher.....	15
1.6	Energieverteilungsnetze.....	15
1.6.1	Gasnetz.....	15
1.6.2	Fernwärme.....	16
1.6.3	Transport flüssiger Brennstoffe.....	17
1.6.4	Stromnetz.....	17
1.7	Das System der Stromversorgung.....	17
1.7.1	Sicherheit der Stromerzeugung.....	18
	Lastabwurf.....	19
	Gewährleistung der Netzstabilität.....	19
	Die Primärregelung.....	19
	Die Sekundärregelung.....	19
	Die Tertiärregelung.....	20
	In Deutschland verfügbare Regelleistungen.....	20
	Ausfallsicherheit.....	20
1.7.2	Das Standard Lastprofil.....	21
1.7.3	Stromspeicherung.....	23
1.7.4	Stromleitungsverluste.....	23
1.7.5	Stromerzeugung; Brutto und Netto.....	25
1.8	Energiebedarf und Transportleistung im Verkehrsbereich.....	25
1.8.1	Personenbeförderung.....	25
1.8.2	Güterverkehr.....	26
1.9	Wärmeversorgung.....	27
	Literaturverzeichnis Kapitel 1.....	29
2.	Energiebedarf einer nachhaltigen Gesellschaft.....	31
2.1	Ressourcen und Nachhaltigkeit.....	31
2.2	Nachhaltigkeit im aktuellen gesellschaftlichen Umfeld.....	31
2.3	Energie neu denken.....	32
2.3.1	Die vorhandenen Techniken regenerativer Energieerzeugung.....	32
2.3.2	Energieeffizienz.....	33
2.4	Mobilität ohne fossiles Mineralöl.....	34
2.4.1	Aktueller Stand Elektromobilität.....	35
2.4.2	Elektrifizierter Güterverkehr.....	35
2.4.3	Schiffsverkehr.....	36
2.4.4	Flugverkehr.....	37
2.5	Behaglich wohnen mit wenig Energie.....	37
2.5.1	Möglichkeiten.....	37

2.5.2	Risiken und Nebenwirkungen.....	37
2.6	Sparpotential von Wirtschaft und Verwaltung.....	38
2.6.1	Energieeinsparungen durch Verlängerung der Lebensdauer von Verbrauchsgütern.....	39
2.7	Der Endenergiebedarf 2050.....	40
	Literaturverzeichnis Kapitel 2.....	41
3.	Die Welt einer nachhaltigen Energieversorgung	43
3.1	Wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen.....	43
3.2	Wärme und Strom in der Zukunft.....	44
3.3	Wärmespeicher.....	46
	Verluste bei der Wärmeleitung und Speicherung.....	48
3.4	Batteriespeicher.....	48
3.4.1	Stromspeicher im Bereich Mobilität.....	49
3.4.2	Stromspeicher im Bereich der privaten Haushalte.....	49
3.4.3	Stromspeicher im Bereich Industrie und Verwaltung.....	50
3.4.4	Stromspeicher im Bereich Infrastruktur.....	50
3.4.5	Stromspeicherverluste durch die saisonale Speicherung.....	51
3.4.6	Zusätzlicher Bedarf durch Speicherung.....	51
3.4.7	Verfügbarkeit von Rohstoffen.....	51
	Lithium.....	51
	Grafit.....	52
	Vanadium.....	52
3.4.8	Minimierung der Leitungsverluste durch dezentrale Versorgung.....	52
3.5	Der nationale Strombedarf.....	53
3.5.1	Die Residuale Last.....	57
3.5.2	Energieerzeugung aus EE und das Vorsorgeprinzip.....	58
	Literaturverzeichnis Kapitel 3.....	60
4.	Energieerzeugung von morgen.....	63
4.1	Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland.....	63
4.1.1	Wasserkraft.....	63
	Ökologische Betrachtung.....	66
	Flächenverbrauch.....	66
	Rohstoffverbrauch.....	66
	Gesundheitliche Auswirkungen.....	66
	Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt.....	66
	Zukünftige Nutzung der Wasserkraft.....	66
4.1.2	Strom aus Biomasse.....	67
	Ökologische Betrachtung.....	68
	Flächenbedarf.....	68
	Rohstoffverbrauch.....	69
	Recycling alter Anlagen.....	69
	Gesundheitliche Auswirkungen.....	69
	Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt.....	69
	Zukünftige Weiterentwicklung der Biomassenutzung.....	69
4.1.3	Strom aus Biogas.....	70
	Ökologische Betrachtung.....	71
	Flächenverbrauch.....	71
	Rohstoffverbrauch.....	72
	Recycling alter Anlagen.....	72

	Gesundheitliche Auswirkungen.....	72
	Zukünftige Weiterentwicklung der Stromerzeugung aus Biogas.....	72
4.1.4	Strom aus flüssiger Biomasse.....	73
4.1.5	Stromerzeugung mit Windkraftanlagen.....	74
	Ökologische Betrachtung.....	76
	Flächenverbrauch.....	76
	Rohstoffe.....	76
	Recycling von alten Anlagen.....	78
	Gesundheitliche Auswirkungen.....	78
	Auswirkungen auf die Tierwelt.....	79
	Zukünftige Weiterentwicklung der Windkraftanlagen.....	79
	Offshore-Windkraft.....	80
4.1.6	Stromerzeugung mit Photovoltaikanlagen.....	80
	Ökologische Betrachtung.....	81
	Zukünftige Weiterentwicklung der PV-Nutzung.....	83
4.2	Verfügbarkeit von Rohstoffen.....	83
	Aluminium.....	83
	Silizium.....	84
	Kupfer.....	84
	Eisen.....	84
	Seltene Erden.....	84
	Beton.....	85
4.3	Zukünftige Stromerzeugung in Deutschland.....	85
4.4	Sonne und Wind – Hand in Hand.....	88
4.4.1	Sonneneinstrahlung.....	89
	Benötigte Leistung für 900 TWh.....	91
	Benötigte Modulfläche für 782,6 GWP Leistung bzw. 900 TWh Ertrag.....	91
	Interpretation der Ergebnisse.....	91
4.4.2	Windkraft.....	92
	Benötigte Leistung für 270 TWh.....	93
4.4.3	Stromerzeugung nach dem Erneuerbaren Energiegesetz (EEG).....	93
	Ausbau PV-Anlagen.....	94
	Ausbau Windkraft.....	94
4.4.4	Speicherbedarf.....	94
4.5	Zukünftige Wärmeerzeugung in Deutschland.....	96
4.5.1	Wärmepumpen.....	96
	Ökologische Betrachtung.....	97
	Zukünftige Weiterentwicklung der Nutzung von Wärmepumpen.....	98
4.5.2	Solarthermie.....	98
	Ökologische Betrachtung.....	99
	Zukünftige Weiterentwicklung der Nutzung von Solarthermie.....	99
4.5.3	Biomasse.....	99
	Ökologische Betrachtung.....	100
	Zukünftige Weiterentwicklung der Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung.....	100
4.5.4	Strombasierte Wärmeerzeugung.....	100
	Ökologische Betrachtung.....	100
	Zukünftige Weiterentwicklung der Wärmeerzeugung durch Strom.....	100
	Literaturverzeichnis Kapitel 4.....	101

5.	Der Weg zum Ziel.....	111
5.1	Importe fossiler Brennstoffe und deren Auswirkungen.....	111
5.2	Noch einhundert Jahre warten?.....	112
5.3	Die wahren Stromkosten.....	114
5.3.1	Subventionen und Folgekosten.....	116
5.3.2	Die Kosten des Netzausbaus.....	119
5.4	Paradigmenwechsel im Netzausbau.....	120
5.4.1	Dezentralität.....	121
	Definition der Zelle.....	123
	Stromgleichgewicht innerhalb einer Zelle.....	124
	Höhere Versorgungssicherheit durch Zellbildung.....	125
	Szenario A für Netztrennung: Inselbetrieb - Störung im übergeordneten Netz.....	125
	Szenario B für Netztrennung: Abtrennung - Abschaltung gestörter Zellen.....	126
	Wiederanschluss von Zellen ans Netz.....	126
	Interaktion zwischen Zellen.....	126
	Resümee zur Versorgungssicherheit unter den Bedingungen einer zellularen Struktur.....	127
	Zellbildung physikalisch und wirtschaftlich betrachtet.....	127
5.4.2	Die Vergewaltigung des Marktes.....	128
	EEG-Umlage und Börsenpreis.....	129
	Merit-Order.....	131
	Umgehung von Merit-Order.....	132
	Überregionaler Stromverkauf.....	133
	Netzkosten.....	133
	Das bittere Resümee.....	134
5.4.3	Die Lügenwelt des Stromnetzausbaus.....	134
5.4.4	Der technische Übergang.....	136
5.5	Strukturbruch oder Strukturwandel.....	137
5.6	Gelebte Demokratie?.....	139
5.6.1	Unser Anspruch.....	139
5.6.2	Die Wirklichkeit.....	139
	Netzausbau unter öffentlicher Beteiligung?.....	140
5.6.3	Folgerungen.....	142
5.6.4	Unser konstruktiver Vorschlag.....	142
5.7	Die gesetzlichen Rahmenbedingungen.....	143
5.7.1	Das gebrochene Versprechen von sinkenden Strompreisen.....	143
5.7.2	Umgang mit der ungeliebten Konkurrenz EE.....	143
5.7.3	Netzentwicklungsplan.....	145
5.7.4	Wer macht eigentlich die Gesetze?.....	146
5.7.5	Wie wir bestehende Gesetze nutzen können.....	146
5.8	Die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.....	148
5.8.1	Interessenlagen der Marktteilnehmer.....	148
5.8.2	Öffentliche Daseinsvorsorge.....	149
5.8.3	Zusammenfassung.....	150
5.8.4	Forderungen der Piraten.....	151
	Literaturverzeichnis Kapitel 5.....	152

Einleitung

Wir sind als weltweit führende Industrienation auch einer der größten Energieverbraucher. Von der absehbaren Verknappung fossiler Brennstoffe werden wir daher besonders hart betroffen sein. Die Deckung unseres Energiebedarfs aus regenerativen Quellen ist daher eine der wichtigsten strategischen Aufgaben der Gegenwart. Der technologische Fortschritt ermöglicht uns schon mittelfristig eine vollständige Ablösung fossiler Energieerzeugung durch eine nachhaltige Energieproduktion aus erneuerbaren Ressourcen. Es gibt zwingende Gründe für eine solche Energiewende:

- Fossile Brennstoffe wie Öl und Kohle sind endlich.
- Wir werden zukünftig sehr viel mehr Elektroenergie benötigen.
- Sowohl die Gewinnung als auch die Verbrennung fossiler Energieträger führt zu massiven Belastungen unserer Umwelt.

Energie steht uns ganz ohne fossile Energieträger im Überfluss zur Verfügung. Allein die Energiemenge der auf die Erde auftreffenden Sonnenstrahlung ist etwa 10.000 Mal größer als der weltweite Energiebedarf. Neben der Sonne können wir auch den Wind, die Geothermie und andere erneuerbare Energien als umweltschonende Quellen nutzen, um unseren Energiebedarf zu decken. Wir tun dies ja bereits, nur leider noch nicht in einem Maße, dass es erlaubt wäre, von einer tatsächlichen Energiewende zu sprechen.

Wenn wir die Energiewende richtig anpacken, werden wir keinen Komfortverlust erleiden. Unter der gegebenen Voraussetzung, dass erneuerbare Energie im Überfluss vorhanden ist, wandert der Gedanke vom unbedingten Energiesparen automatisch in die zweite Reihe. Natürlich ist Energieeffizienz auch beim Verbrauch wichtig. Viel wichtiger ist jedoch die Frage, **wie** wir genügend „saubere“ Energie erzeugen können, ohne uns einschränken zu müssen.

Diese Frage kann nur durch radikales Umdenken beantwortet werden; durch das Überbordwerfen gängiger Ansätze, die zum Großteil ihre einzige Rechtfertigung in ihrer wirtschaftlichen Überlegenheit gegenüber den möglichen Alternativen finden. Kurzfristig mag das sogar stimmen. Mittel- und langfristig gesehen ist der Ansatz, Energie ausschließlich aus erneuerbaren Quellen zu erzeugen, jedoch die **einzig mögliche** Alternative. Das mag harsch klingen, kann aber logisch nicht widerlegt werden – s.o.: Fossile Energieträger sind nur in endlicher Menge verfügbar.

Schon heute stehen ausgereifte, marktfähige technische Verfahren zur Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Ressourcen zur Verfügung. Das Ziel, unsere Energieversorgung bis 2050 vollständig durch erneuerbare Energien sicher zu stellen, ist demnach realisierbar. Entsprechenden politischen Willen vorausgesetzt, könnte es sogar früher erreicht werden.

Dazu benötigen wir entsprechende technische Anlagen zur Energiegewinnung und Weiterleitung in ausreichender Menge. Für die Herstellung dieser Anlagen werden Rohstoffe genutzt, an denen weltweit kein Mangel herrscht. Da die für die Fertigung der alternativen Energieerzeugungsanlagen notwendigen Rohstoffe nicht verbraucht werden, wie beim Verbrennen von Kohle, Öl und Gas, ist Energiegewinnung über diesen Weg tatsächlich nachhaltig. Die eingesetzten Rohstoffe bleiben an die technischen Anlagen gebunden, können zurückgewonnen und in einem Kreislaufsystem wieder verwertet werden. Mit diesen Maßnahmen können wir unsere Lebensqualität nicht nur erhalten, sondern durch eine saubere Umwelt deutlich verbessern.

Wenn wir es als Gesellschaft **wollen**, ist das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung rein technisch recht einfach erreichbar. Den Weg dahin zu gehen, ist zwingend notwendig, für uns und mehr noch für die nächsten Generationen. Anderenfalls würde sich unser Leben dramatisch zum Negativen hin verändern.

Alles was wir zur Bewältigung der Energiewende wissen müssen, wissen zumindest die Fachleute bereits. Das Orangebuch verstehen wir als einen Beitrag, aktuelle Fakten zum Thema Energieerzeugung und -verteilung einem breiteren Publikum zugänglich zu machen; ungefiltert von wirtschaftlichen Partikularinteressen und politischen Wünschen.

Wir diskutieren die Energiewende am Beispiel Deutschlands, wohl wissend, dass alle Länder dieser Erde prinzipiell vor der gleichen Herausforderung stehen. Für das Bezugssystem Deutschland sind Zahlen und Fakten, anhand derer wir unsere Aussagen untermauern, einfach zugänglich und damit auch für Sie gut überprüfbar.

1. Energieversorgung in Deutschland – der IST-Zustand

Beginnen wir unsere Reise zu einer nachhaltigen Energieversorgung mit einer Bestandsaufnahme. Wir müssen Ihnen zunächst einige Zahlen präsentieren und ein paar Faktenpflocke in das weite Feld der Energieversorgung rammen, um Ihnen eine Orientierung zu ermöglichen. Eventuell versetzen Sie bereits einige dieser Fakten in Erstaunen. Unsere **Leit**medien tun sich nicht nur in der von uns besprochenen Thematik mitunter schwer, Fakten zu verbreiten, die „außerhalb der politisch vorgegebenen **Leit**planken“ liegen. Genau in diese Lücke stößt unser Orangebuch.

1.1 Sektoren der Energieversorgung

Wie wird der heutige Energiebedarf Deutschlands gedeckt und eine ausreichende Energieversorgung garantiert? Hierfür sind prinzipiell drei Sektoren zu betrachten:

- Die Versorgung mit Strom,
- die Bereitstellung von Energie für den Transport von Personen und Gütern und
- die Wärmeversorgung.

Für eine moderne Industriegesellschaft ist eine funktionierende Energieversorgung von existenzieller Bedeutung. Sie ist Teil der sogenannten öffentlichen Daseinsvorsorge. Der Begriff "öffentliche Daseinsvorsorge" [1.1.1]¹ residiert in einer rechtlichen Grauzone. Das heißt, es wird in Gesetzen [1.1.1]² und Verordnungen ständig darauf Bezug genommen, obwohl der Begriff selbst nicht näher definiert ist. Gemeint ist die Sicherstellung einer grundlegenden Versorgung der Bevölkerung mit wesentlichen Gütern und Dienstleistungen, wie Wasser, Nahrung und eben auch Energie. Die Energieversorgung gehört schlicht zu unseren Lebensgrundlagen. Unabhängig davon, ist Energie außerdem ein Wirtschaftsgut.

1.2 Energiebedarf Deutschlands – heute und prognostiziert

Der Primärenergiebedarf definiert die Gesamtmenge an Energieträgern, die als Kraftstoffe oder zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden [1.2.1]³, [1.2.2]⁴.

Bis heute wird die Energieversorgung in Deutschland überwiegend durch fossile Energieträger sichergestellt. Nukleare Brennstoffe, Stein- und Braunkohle, Erdgas und Mineralöl bilden die bevorzugte Basis für Strom- und Wärmeerzeugung so wie den Transport.

Die Umwandlung dieser fossilen Primärenergieträger in nutzbare Endenergie ist stark verlustbehaftet. Deutschland wendete im Jahr 2015 insgesamt 3.695 TWh Primärenergie auf. Für private, industrielle und gewerbliche Verbraucher waren jedoch nur die 2.468 TWh als Endenergie nutzbar. Die Umwandlungsverluste belaufen sich damit auf von 1.227 TWh [1.0.1].

Es kommen demnach nur ungefähr 66% der Primärenergie beim Verbraucher an. Doch selbst diese Zahl schönt die wahren Verhältnisse. Die Verluste der fossilen Kern- und Kohlekraftwerke, die weniger als 40% der Primärenergie in Endenergie umwandeln und die der wesentlich effizienteren GuD Kraftwerke gehen in diese Durchschnittsbildung ein. Damit wird der Fakt verschleiert, dass Kern- und Kohlekraftwerke nicht nur gefährlich bzw. in hohem Maße umweltbelastend sind, sondern zudem sehr ineffektiv arbeiten. Wie dieser Fakt zu dem Slogan „Efficiency first“ des im Sommer 2016 erschienenen „Grünbuchs Energieeffizienz“ des BMWi passt, erklärt der Text dieses Grünbuchs nicht. In der aufbereiteten Bilanz des BMWi sind neben den erneuerbaren Energien noch andere Prozesse enthalten, die mit der eigentlichen

1 [1.1.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Daseinsvorsorge>

2 [1.1.2] <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/daseinsvorsorge.html>

3 [1.2.1] <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatistischeSeiten/Breg/FAQ/faq-energie.html>

4 [1.2.2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Bruttostromverbrauch>

Energieerzeugung nichts zu tun haben. [1.2.21]

Den größten Bedarf an Endenergie hatte im Jahr 2015 mit 29,5% der Verkehrsbereich. Es folgten die Industrie mit 29%, die privaten Haushalte mit 25,8% und schließlich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit einem Anteil von 15% der erzeugten Endenergie [1.0.1], Tabelle 6a).

Er wurde in Deutschland im Jahr 2015 zu 87% mit fossilen Brennstoffen gedeckt; davon zu 34% durch Mineralöl und 24% durch Braun- und Steinkohle. 21% entfielen auf Erdgas und 8% auf die Kernenergie. Nur knapp 13% der Primärenergie stammt aus erneuerbaren Quellen, ein Jahr zuvor lediglich 11,1% [1.0.1] (vgl. Tabelle 1.1).

Primärenergie und Endenergie

Unter Primärenergie versteht man die Gesamtheit aller in der Natur direkt vorkommenden Energiequellen. So sind Kohle, Öl und Gas fossile Brennstoffe, Uran ist ein sogenannter Kernbrennstoff. Aber auch die kinetische Energie von fließendem Wasser und Wind sowie die Strahlungsenergie der Sonne gehören rein physikalisch zur Primärenergie.

Primärenergie wird durch verschiedene Umwandlungsprozesse in Endenergie überführt. Als Endenergie wird die Energie bezeichnet, die wir sofort nutzen können. Z.B. wandelt ein Wärmekraftwerk durch die Verbrennung von Kohle deren chemische Energie zunächst in Wärmeenergie um. Diese Wärmeenergie wiederum wird in kinetische Energie strömenden Wasserdampfes überführt, der Turbinen antreibt, die über eine Antriebswelle an einen Generator gekoppelt sind. Erst der Generator erzeugt aus der kinetischen Energie schließlich elektrischen Strom; die Endenergieform, die wir sofort nutzen können.

Alle diese Umwandlungsprozesse unterliegen Abwärmeverlusten. Aus diesem Grund unterscheiden sich Primär- und Endenergiebedarf erheblich. Man muss folglich bei Publikationen zur Energiewirtschaft immer ganz genau hinschauen, wovon gerade die Rede ist, um die richtigen Schlüsse ziehen zu können.

Um den Begriff Primärenergie richtig anzuwenden, muss man zusätzlich wissen, dass er bei den erneuerbaren Energien von einer physikalisch korrekten Definition abweicht. Bei Wasserkraft, Sonne und Wind wird als Primärenergie die Menge an Elektroenergie bezeichnet, die mit den Anlagen erzeugt wird. Hier gilt also der Grundsatz: Primärenergie = Endenergie. Diese Herangehensweise ist rein ökonomisch motiviert – erneuerbare Primärenergie kostet nichts, ganz im Gegensatz zu fossilen Energieträgern.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) wurde die Studie „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ [1.2.3]¹ durchgeführt, um vom Primärenergiebedarf der Vergangenheit über den heutigen auf den der Zukunft zu schließen.

Dort werden von der Politik vorgegebene Rahmenbedingungen gesetzt. Eine dieser Rahmenbedingung ist die These, dass die Energiewirtschaft weiterhin dominant auf Großkraftwerken und zentraler Organisation beruhen wird.

¹ [1.2.3] <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/entwicklung-der-energiemaerkte-energiereferenzprognose-endbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

Prognosen und Visionen

Eine Prognose ist laut Definition eine Aussage über Ereignisse, Umweltzustände oder Entwicklungen in der Zukunft. Prognosen sind in vielerlei Hinsicht sehr praktisch. Wenn unerwartete Ereignisse eintreten, darf die Prognose ruhig falsch sein. Sie wurde schließlich unter gänzlich anderen Voraussetzungen getroffen.

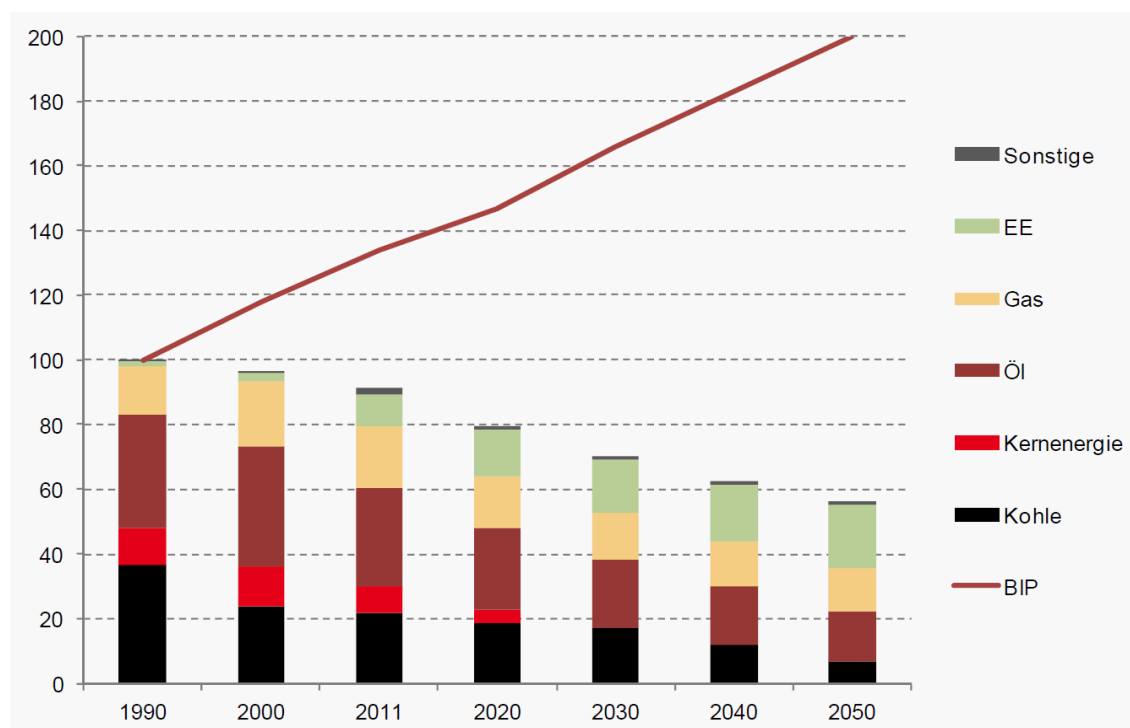
Dennoch haftet Prognosen der Mythos an, sie würden zukünftige Zustände treffend widerspiegeln; erst recht, wenn es sich um **Experten**prognosen handelt. Und meistens sind es ja Experten, die Prognosen erstellen und meistens auch recht gut dafür bezahlt werden. Gerade deshalb darf man unterstellen, dass die Ergebnisse einer Prognose fast immer dem Wunschdenken ihres Auftraggebers entsprechen. Die Frage, warum Prognosen in der Politik so überaus beliebt sind, ist somit klar beantwortet. Sie lassen sich zum Lenkungsinstrument ge- und missbrauchen.

Wann sind „Expertenprognosen“ das letzte Mal wirklich genauso eingetreten? Hat irgendein Experte den Zusammenbruch des Kommunismus zeitlich genau vorhergesehen? Oder die letzte Finanzkrise aus 2008? Haben die Voraussagen der sogenannten Wirtschaftsweisen je irgend etwas mit der Realität zu tun gehabt? Befragen Sie das Orakel Google unter „Trefferquote Wirtschaftsweisen“ und Sie werden verstehen, warum wir Prognosen in die Nähe der sprichwörtlichen Kaffeesatzleserei rücken.

Unser Verstand, den wir hierzu nicht einmal arg strapazieren müssen, sagt uns, dass die Energieversorgung nicht in alle Ewigkeit wie bisher funktionieren kann. Wir wissen nur nicht, wann der Crash kommt und wie er konkret aussehen wird.

Auf dieser Erkenntnis sollten wir unsere Vision einer vollkommen reorganisierten Energieversorgung aufbauen und diese Vision vorantreiben, um den Crash zu vermeiden.

Unter diesen politisch festgezurrten Voraussetzungen sind die in Abbildung 1.1 gezeigten Entwicklungen dann auch folgerichtig. Die Frage ist, ob sie zielführend für die Zukunft sind. Analysieren wir dazu die Aussagen der oben zitierten Energiereferenzprognose.



Quelle: Prognos/EWI/GWS 2014

Abbildung 1.1: Primärenergiebedarf heute und in der Zukunft - eine Prognose im Auftrag des BMWi (Zahlen aus 1990 = 100%)

Die gute Nachricht zuerst. Basierend auf den Zahlen von 1990 wird sich unser Bruttoinlandsprodukt (BIP) laut Prognose bis 2050 etwa verdoppelt haben. Uns **allen** wird es dann also „doppelt so gut gehen“ wie 1990.

Der Primärenergiebedarf soll sich dagegen gegenüber 1990 nahezu halbieren. Schon an diesem Fakt sind ernsthafte Zweifel angebracht. Was jedoch unserer Meinung nach unter gar keinen Umständen eintreten kann, ist die im Balken für das Jahr 2050 gezeigte Verteilung der Primärenergieträger, die die Autoren der Prognose mit folgendem wörtlichen Zitat bekräftigen:

„Fossile Energieträger verlieren Marktanteile, dominieren aber auch langfristig (2050) mit einem Anteil von 64% den Energiemix.“

Hieraus wird klar: Es wird keine wirkliche Energiewende geben, die mit einer vollständigen Umstellung auf erneuerbare Energien einhergeht. So sagt es zumindest die vom BMWi in Auftrag gegebene Prognose. Das BMWi will offensichtlich eine solche Umstellung nicht.

Wie wir bereits erwähnten, können unerwartete Umstände und Ereignisse Prognosen ad absurdum führen. Im konkreten Fall aber liegen diese Umstände und Ereignisse schon jetzt klar auf der Hand. Daher betrachten wir diese Prognose als reines Wunschdenken des BMWi, das aufgrund der Faktenlage mit der zukünftigen Realität nichts gemein haben wird. Das BMWi und die gesamte Energiewirtschaft wird von dieser Realität unweigerlich eingeholt werden. Unsere Prognose, dass dies noch vor 2050 geschieht, halten wir für wenig gewagt.

1.3 Unsere erweiterte Definition für Primärenergie

Der Primärenergiebedarf [1.3.1]¹ gilt gegenwärtig als eine der wichtigsten Kennzahlen der Energieversorgung.

Erweitern wir die vorhandene Definition für Primärenergie, indem wir zukünftig zwischen **fossiler** und **regenerativer** Primärenergie unterscheiden. Dann wird sehr viel schneller klar, dass Einsparung von Primärenergie vor allem durch das konsequente Ersetzen fossiler durch regenerative erreicht werden kann. Schon gemäß der ursprünglichen, physikalisch zwar falschen, aber ökonomisch völlig korrekten Definition fallen die Umwandlungsverluste bei der regenerativen komplett weg. Hier gilt das Axiom Primärenergie = Endenergie.

Ob wir damit das, von der Bundesregierung auch in anderen Dokumenten festgeschriebene Ziel erreichen, den Primärenergieeinsatz bis 2050 zu halbieren, ist unter Anwendung o.g. Axioms nicht mehr relevant.

Die ökologischen Auswirkungen der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen sind, verglichen mit denen der traditionellen aus fossilen Energieträgern gering (vgl. Betrachtung der Technologien in Kapitel 4). Wir können also so viel Energie erzeugen, wie wir tatsächlich benötigen, ohne uns irgendwelchen Beschränkungen unterwerfen zu müssen.

Die gesellschaftliche Aufgabe besteht demnach darin, so schnell wie möglich auf den Einsatz fossiler Brennstoffen zur Strom- und Wärmeherzeugung und zum Transport von Personen und Gütern zu verzichten und als Energiequelle hauptsächlich Sonne und Wind zu nutzen.

Der mittelfristige Energieplan der Piraten sieht folgendermaßen aus:

1 [1.3.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Primärenergie>

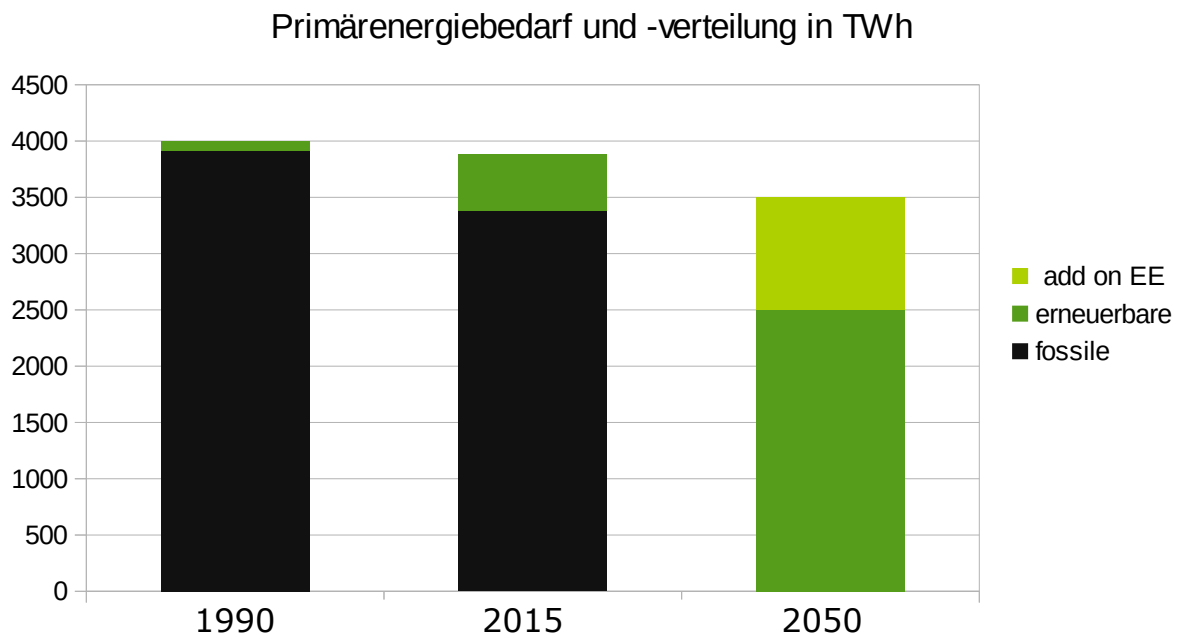


Abbildung 1.2: Primärenergiebedarf Deutschlands 1990, in der Gegenwart und 2050

Die Zahlen für 1990 und 2015 stammen aus den Dokumenten der Bundesregierung. Die Zahl für 2050 haben wir nur grob geschätzt. Nähere Daten, auf denen diese Schätzung beruht, liefern wir in Kapitel 2. 2.500 TWh nehmen wir als minimalen Primärenergiebedarf an, 3.500 TWh als maximalen. Wie hoch der Balken für 2050 ist, spielt eine eher untergeordnete Rolle. Die Farbe ist das maßgebliche Kriterium. Hier unterscheidet sich unser Entwurf deutlich von dem der Bundesregierung.

Im Übrigen liegen wir mit diesem Entwurf voll auf der Linie dessen, was seit längerem breiter, wenn auch nicht vollständiger internationaler Konsens ist; die komplette Dekarbonisierung der Wirtschaft bis 2050. Diese ist nach Meinung der meisten Klimaforscher zum Erreichen des langfristigen Ziels, die Erderwärmung auf unter 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen, notwendig. [1.3.2]¹ Selbst wenn man letzterer These skeptisch gegenüber steht, ist Nachhaltigkeit ein weiterer, nicht weg zu diskutierender Grund für die Dekarbonisierung.

1.4 Aktueller Anteil erneuerbarer Energien im europäischen Vergleich

Deutschland präsentiert sich gern als Vorreiter im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien. Unsere regierenden Politiker geben oft und gerne entsprechende Statements ab, um zu suggerieren, Deutschland tue schon genug und es wäre erst einmal an der Zeit, dass die anderen nachzögen. Damit erscheint die Energiewende als teure und ungeliebte Pflichtübung, die man durchaus noch eine Weile verzögern kann.

Gemessen an den Zahlen der Tabelle 1.1 nimmt Deutschland jedoch im Vergleich der europäischen OECD-Länder keine führende Position in der Frage der Hinwendung zu erneuerbaren Energien ein.

¹[1.3.2]<https://public.wmo.int/en/media/press-release/provisional-wmo-statement-status-of-global-climate-2016>

Land	Anteil EE am Primärenergieverbrauch 2014 [%]
Island	89,3
Norwegen	43,5
Schweden	34,4
Österreich	30,8
Finnland	29,6
Dänemark	27,8
Schweiz	21,2
Italien	17,8
Spanien	14,8
Deutschland	11,1
Griechenland	10,9
Türkei	9,3
Frankreich	8,6
Belgien	6,6
Großbritannien	6,4
Niederlande	4,6
Durchschnitt OECD-Länder Europas	12,6

Tabelle 1.1: Anteil erneuerbarer Energien der europäischen OECD-Länder an ihrem Primärenergiebedarf
Stand 2014; entspricht Tabelle 4 aus [\[1.0.1\]](#)

Fairerweise muss man einräumen, dass die Voraussetzungen der Nutzung erneuerbarer Energien für Island (Geothermie), Schweden, Norwegen, Finnland, Österreich und die Schweiz (Wasserkraft) ungleich günstiger sind als für Deutschland. Dänemark und Italien genießen diese Vorteile nicht und sind trotzdem schon weiter als Deutschland.

Für den weltweiten Vergleich liegen zurzeit nur die Daten aus dem Jahr 2013 vor. In diesem Jahr lag Deutschland mit einem Anteil von 10,5% auch 3 Punkte unter dem Weltdurchschnitt von 13,5% (vgl. [\[1.0.1\]](#) Tabelle 31a).

1.5 Fossile Energieträger

1.5.1 Natürliche Vorkommen Deutschlands und Import

Braunkohle ist der wichtigste einheimische fossile Energieträger, der in nennenswerter Menge vorhanden ist und zu wirtschaftlichen Bedingungen im Tagebau gefördert werden kann. Die Vorräte in genehmigten und erschlossenen Tagebauen betragen rund fünf Mrd. Tonnen. Das entspricht der 28-fachen Förderung im Jahr 2014 [1.5.1.1]¹, d.h. in ca. 30 Jahren ist unsere Braunkohle erschöpft, wenn wir sie weiter im 2014er Tempo abbauen. Danach müssten wir uns überlegen, welche Städte und Dörfer wir noch einreißen können, um die darunter liegenden letzten Vorräte zu bergen.

Die deutschen Steinkohlevorräte werden auf etwa 83 Mrd. Tonnen geschätzt, [1.5.1.2]² S.23. Da die geologischen Bedingungen für den Abbau von Steinkohle in Deutschland ungünstig sind, ist die jährliche Förderquote von ca. 150 Mio. Tonnen in den 1950iger Jahren auf 6,2 Mio. Tonnen (2015) gesunken. Die Förderkosten je Tonne deutscher Steinkohle beliefen sich 2015 auf 180 Euro, während der Jahresdurchschnittspreis je Tonne importierter Steinkohle unter 70 Euro lag [1.5.1.2]. Der deutsche Steinkohlebergbau befindet sich wegen dieser enormen Preisunterschiede bereits seit Jahrzehnten in einem Umstrukturierungsprozess. Nur umfangreiche staatliche Subventionen erhalten ihn am Leben. Die Versorgung des deutschen Marktes mit Steinkohle und Steinkohleprodukten wird zu ca. 90% durch Importe bestritten.

Die Erdölreserven Deutschland müssen, gemessen am gegenwärtigen Bedarf, als marginal bezeichnet werden. Sie sind auf Schleswig Holstein und Niedersachsen konzentriert und betrugen Ende 2015 etwa 34 Mio. Tonnen [1.5.1.2] S.18.

Die Fördermenge heimischen Erdöls belief sich 2015 auf 2,41 Mio. Tonnen. Demgegenüber importierte Deutschland im gleichen Jahr 91,275 Mio Tonnen Rohöl [1.0.1], also fast die dreifache Menge der eigenen Reserven. Dies entspricht einer Importquote von 97,5 Prozent. Wichtigster Lieferant mit 35,7 Prozent ist Russland. Daneben wurden noch 37,231 Mio Tonnen an Mineralölprodukten importiert und 22,206 Mio Tonnen exportiert [1.0.1].

Ähnlich düster sieht die Situation beim Erdgas aus. Am 31.12.2015 beliefen sich die deutschen Erdgasreserven lt. [1.5.1.2] S.20 auf gerade einmal 74,4 Mrd. m³. Ein Jahr zuvor waren es noch 83,3 Mrd. m³. Die eigenen Erdgasvorräte nähern sich also durch das gegenwärtig an den Tag gelegte rasante Abbautempo ziemlich zügig der Nulllinie.

Deutschland ist auch beim Naturgas zu 93,5 Prozent von Importen abhängig. Neben der Inlandproduktion von 83,3 TWh wurden 2015 1.192,2 TWh importiert [1.0.1]. Wie beim Rohöl ist auch hier Russland wichtigster Lieferant.

1.5.1 Bevorratung

Der Erdölbevorratungsverband (EBV) hat die gesetzliche Aufgabe, jederzeit Erdöl und Erdöl-erzeugnisse in einer Menge vorzuhalten, die in den letzten drei Jahren durchschnittlich innerhalb von 90 Tagen nach Deutschland eingeführt wurde. Mit diesen so genannten strategischen Ölvorräten ließe sich also ein vollständiger Ausfall aller Mineralölimporte für 90 Tage ausgleichen [1.5.2.1]³. Die Bestände des EBV umfassen neben Rohöl, Benzin, Diesel auch leichtes Heizöl und Flugturbinenkraftstoff (JET A-1). Die Vorräte sind dabei so über das Gebiet der Bundesrepublik verteilt, dass in jeder von fünf definierten Versorgungsregionen sofort verfügbare Bestände mit einer Mindestreichweite von 15 Tagen vorhanden sind. Dabei werden oberirdische Tanks vor allem für Mineralölprodukte genutzt, [1.5.2.2]⁴ während unterirdische Kavernen hauptsächlich der Lagerung von Rohöl dienen. Kavernen sind künstlich geschaffene

1 [1.5.1.1] <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/kohlepolitik.html>

2 [1.5.1.2] http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2

3 [1.5.2.1] <https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60>

4 [1.5.2.2] <https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=90&nid=&cof=60>

Hohlräume in Salzstöcken, die in der Regel einige hunderttausend Kubikmeter groß sind. Zurzeit werden vom EBV ca. 24 Mio. Tonnen Erdöl und Erdölerzeugnisse bevorratet. [1.5.2.3]¹

Im Unterschied zu Erdöl gibt es für Erdgas keine EU-weite Pflichtbevorratung [1.5.2.4]². Nach Aussage des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. hat die deutsche Gaswirtschaft in privatwirtschaftlicher Initiative dennoch die viertgrößten Erdgas-Speicherkapazitäten der Welt aufgebaut. In 51 Speicheranlagen (20 Porenspeicher und 31 Kavernenspeicher) kann mit etwa 24,6 Mrd. Kubikmetern knapp ein Viertel des jährlichen Gasbedarfs eingespeichert werden (Stand 2014) [1.5.2.5]³ und [1.5.2.6]⁴. Die Industrie garantiert über ihre Selbstverpflichtung derzeit eine ausreichende Gasspeicherung für 30 Tage, ist dazu allerdings nicht gesetzlich verpflichtet.

Steinkohle wird bedarfsgerecht auf Kohlehalden vorgehalten.

Insgesamt sind zur Sicherung der Energieversorgung mit fossilen Energieträgern in Deutschland umfangreiche Lagerkapazitäten vorhanden [1.5.2.7]⁵ [1.5.2.8]⁶. Sorgen müssen wir uns erst machen, wenn den Lagern über einen längeren Zeitraum mehr entnommen werden muss als hineinfließt.

Der systemrelevante EBV

Der Erdölbevorratungsverband (EBV) wurde als Körperschaft des öffentlichen Rechts im Jahre 1978 auf der Grundlage des Erdölbevorratungsgesetzes (ErdölBeVG) [1.5.2.9] in Hamburg gegründet. Durch dieses besondere juristische Konstrukt erscheinen die Kosten der Erdölbevorratung nicht als Soll-Position im Bundeshaushalt. Es ist schließlich allgemein bekannt, dass der Staat mit Geld nicht umgehen kann und deshalb ständig händierend private Investoren sucht, die öffentliche Aufgaben „sehr viel effizienter“ erledigen. Deshalb wird das Erfordernis der Erdölbevorratung durch Beiträge und Kredite für deren Zinsen die Allgemeinheit letztendlich doch zusätzlich aufkommen muss (nicht über Steuern, sondern über höhere Preise), finanziert.

Aufgrund der aktuell gegebenen gesetzlichen Bestimmungen ist der EBV nicht insolvenzfähig. Bei Auflösung des Verbandes hat die Bundesrepublik Deutschland dessen Verbindlichkeiten zu übernehmen. Die Ratingagentur „Standard & Poor's“ vergibt demzufolge für die Papiere des EBV die Note 'AAA/A-1+' [1.5.2.10], was uns ungemein beruhigt und konservativ denkende Anleger freut.

Für das Geschäftsjahr 2016/2017 plant der EBV, sich über 332 Mio. € Beiträge und 3 Mrd. € Schulden zu finanzieren [1.5.2.11]. 3 Mrd. Schulden, die eine öffentliche Institution freiwillig macht, um Kapital aufzusaugen, das es gegenwärtig bekanntlich schwer hat, solvente Schuldner zu finden. Und wer könnte solventer sein als die öffentliche Hand, die im Zweifelsfall einfach Steuergelder in sich auftuende Löcher wirft. Kommt Ihnen das nicht auch irgendwie bekannt vor? Die detaillierten Geschäftsberichte des EBV können unter [1.5.2.12] eingesehen werden.

Zum Betrieb von insgesamt 58 Kavernen wurde eigens die Nord-West Kavernengesellschaft mbH als 100 prozentige Tochtergesellschaft gegründet. Die bereits outgesourcte Körperschaft öffentlichen Rechts betreibt Outsourcing. Warum nur gestaltet man das alles so kompliziert?

1 [1.5.2.3] <https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60>.

2 [1.5.2.4] <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/moeglichkeiten-zur-verbesserung-der-gasversorgungssicherheit-und-der-krisevorsorge-durch-regelungen-der-speicher.property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> Seite 45

3 [1.5.2.5] <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20140613-staatliche-erdgasreserve-in-deutschland-kontraproduktiv-de?open&ccm=900030>

4 [1.5.2.6] <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/gas-instrumente-zur-sicherung-der-versorgung.html>

5 [1.5.2.7] http://www.lbeg.niedersachsen.de/download/98573/Erdoel_und_Erdgas_in_der_Bundesrepublik_Deutschland_2014.pdf

6 [1.5.2.8] <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20140613-staatliche-erdgasreserve-in-deutschland-kontraproduktiv-de>

1.6 Energieverteilungsnetze

Für die Verteilung von Energieträgern an die Verbraucher stehen in Deutschland verschiedene Versorgungsnetze zur Verfügung.

1.6.1 Gasnetz

In einem flächendeckenden Gasnetz mit einer Länge von ca. 524.000 km wird Gas über drei Druckebenen zur Wärme oder Stromerzeugung verteilt [1.6.1.1]¹. In das Gasnetz sind die unter 1.4 genannten 51 Speicheranlagen eingebunden.

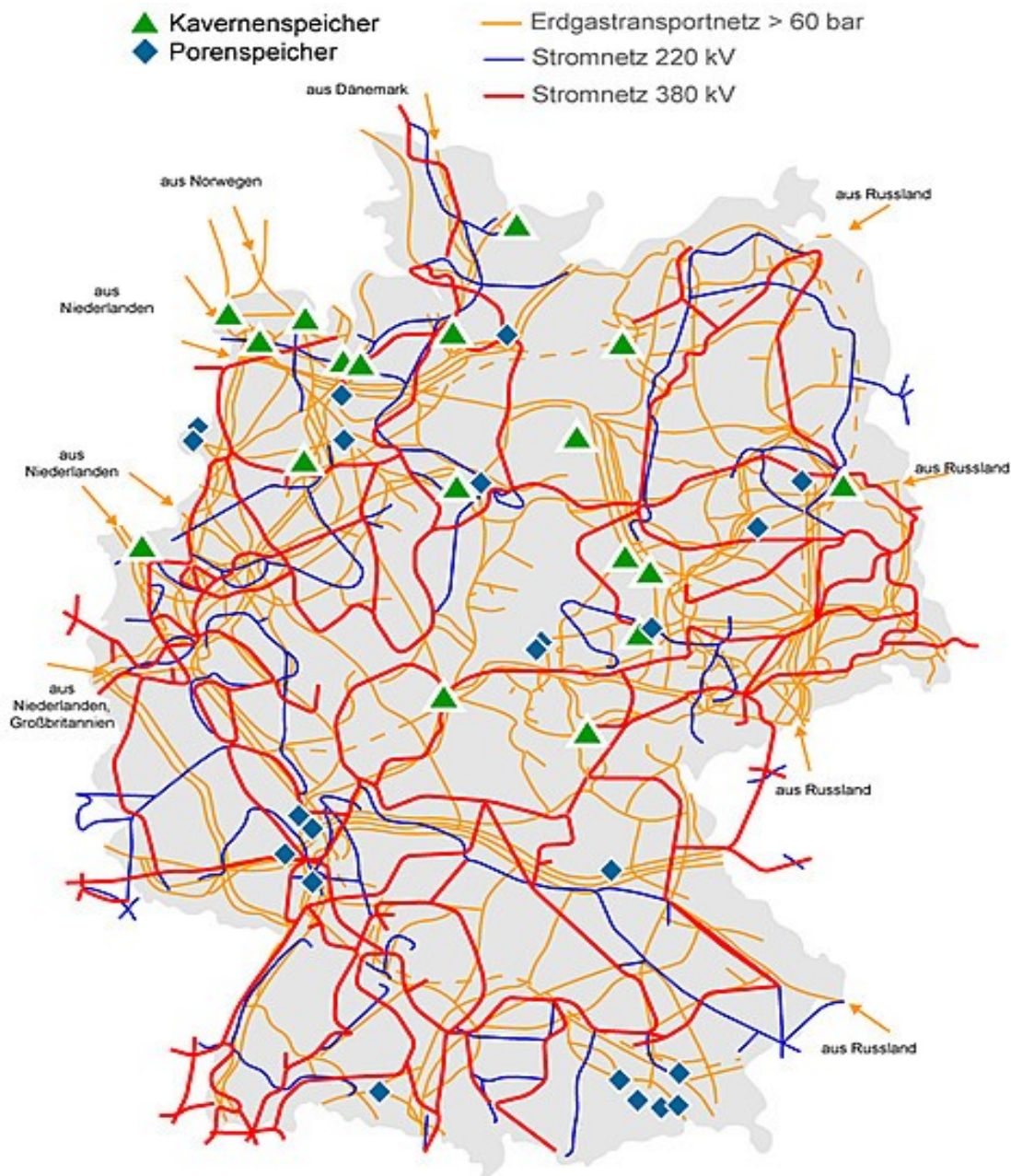


Abbildung 1.3: Ausbau Strom- und Gasnetz innerhalb Deutschlands und Verbindungen zu den Nachbarländern [1.6.1.2]²

1 [1.6.1.1] <http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veranstaltungen/EST/07.pdf>

2 [1.6.1.2] <http://www.bhkw-jetzt.de/home-warum-bhkws/strom-zu-ee-gas/>

1.6.2 Fernwärme

Bei der Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen wird als Nebenprodukt Wärme freigesetzt, die zur Heizung und Warmwasserversorgung von Wohngebäuden und Industriebetrieben nutzbar ist [1.6.2.1]¹. Auch in nicht energieerzeugenden Industrieanlagen entsteht häufig nutzbare Wärme. Diese von fossilen Kraftwerken und der Industrie generierte Wärme wird in Form von Heißwasser oder Wasserdampf in Fernwärmeleitungen zum Abnehmer transportiert. Das deutsche Fernwärmenetz ist etwa 20.000 km lang [1.6.2.2]². Insgesamt wurden im Jahr 2015 in Deutschland 114,7 TWh Fernwärme genutzt [1.0.1].

1.6.3 Transport flüssiger Brennstoffe

Das im Verkehr (712 TWh im Jahr 2015) und für die Raumwärme (187 TWh im Jahr 2015) genutzte Mineralöl [1.0.1] wird über ein System von Rohöl- und Rohölproduktleitungen, Straßentransporte und 14.531 Tankstellen zu den Verbrauchern gebracht.

1.6.4 Stromnetz

Das längste Versorgungsnetz in Deutschland ist das Stromnetz mit einer Länge von mehr als 1,8 Millionen Kilometern. Der Strom wird über verschiedene Spannungsebenen flächendeckend von großen Kraftwerken ausgehend an die Verbraucher verteilt.

Historisch gewachsen sind in Europa fünf Spannungsebenen mit unterschiedlichen Aufgaben. Je höher die Spannung, umso geringer sind, bei gleicher zu übertragender Leistung, die fließenden Ströme und damit auch die Leitungsverluste. Gleichzeitig steigen bei höherer Spannung die Anforderungen an die Netzelemente wie Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen. Die höchste in Europa (Russland, Ukraine, Ungarn, Polen) verwendete Übertragungsspannung beträgt 750 Kilovolt.

Die überregionalen Höchstspannungsnetze Deutschlands sind etwa 35.000 km lang. Damit können Leistungen über weite Entfernungen wirtschaftlich übertragen werden. In Deutschland werden derzeit die Höchstspannungsebenen 380 kV und 220 kV für die Einspeisung von Strom aus Großkraftwerken und dessen weiteren Transport verwendet.[1.6.4.1]³ Neben den Großkraftwerken sind auch sehr große Industriebetriebe direkt an diese Spannungsebenen angebunden.

Das Hochspannungsnetz mit 50 bis 110 kV nutzen fossile Kraftwerke, größere Windparks, große PV Freiflächenanlage, industrielle Großabnehmer und regionale Stromversorger direkt. Die Leitungen dieses Netzes sind 79.700 km lang. [1.6.4.1]

Der Strom Ex- und Import erfolgt sowohl über die Höchstspannungs- als auch die Hochspannungsnetze.

Blockheizkraftwerke, Solarparks, Biomasse-, Wasser- und Windkraftanlagen speisen in das Mittelspannungsnetz (6 bis 30 kV) ein. Regionale Netze der Mittelspannungsebene haben eine Länge von 509.900 km. Als Verbraucher treten hier vornehmlich lokale Stromversorger, Industriebetriebe sowie große Gewerbebetriebe in Erscheinung [1.6.4.1].

Das Niederspannungsnetz (230/400V) versorgt private Haushalte und kleinere gewerbliche Verbraucher mit Strom. Kleine Solaranlagen und Blockheizkraftwerke (BHKW) mit geringer Leistung speisen den von ihnen erzeugten Strom auf dieser Spannungsebene ein. Die Kabellänge des Niederspannungsnetzes ist aufgrund der weiteren Verzweigung nochmals größer und beträgt rund 1,15 Mio. km. [1.6.4.1] Der überwiegende Teil des Niederspannungsnetzes ist mit Erdkabeln realisiert.

1 [1.6.2.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kraft-Wärme-Kopplung>

2 [1.6.2.2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Fernwärme>

3[1.6.4.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stromnetz>

1.7 Das System der Stromversorgung

Moderne Industriegesellschaften sind vom Strom vollständig abhängig. Ein lang andauernder, flächendeckender Stromausfall hätte katastrophale Folgen, weil jegliche Infrastruktur von einer funktionierenden Stromversorgung abhängig ist. Im Jahr 2015 wurden 21,1% der Endenergie in Deutschland als Strom genutzt ([1.0.1], Tabelle 6).

In der Anfangszeit der Elektrifizierung gab es einen mit harten Bandagen geführten Kampf um die Frage, ob die künftige Stromversorgung auf Gleichstrom oder Wechselstrom basieren sollten. Thomas Edison vertrat sein Konzept des Gleichstromnetzes unter anderem mit dem Hinweis auf höhere Stromschlagsgefahren bei Wechselstrom. Dennoch hat man sich Ende des 19. Jahrhunderts für den Einsatz von Wechselstrom entschieden. Der Hauptgrund dafür war, dass man Wechselstrom im Gegensatz zum Gleichstrom leicht auf ein anderes Spannungsniveau transformieren konnte.

1.7.1 Sicherheit der Stromerzeugung

Elektroenergie ist eine ganz besondere Energieform. Sie hat den Vorteil, sofort und relativ bequem in Wärme (elektrische Heizgeräte), Bewegungsenergie (Elektromotoren), potentielle Energie (Befüllen des Oberbeckens eines Pumpspeicherkraftwerkes) und chemische Energie (z.B. Elektrolyse von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff u.a. Power to Gas Verfahren) umwandelbar zu sein. Sie wird deshalb auch oft als besonders edle Energieform bezeichnet. Einziger, aber gravierender Nachteil der Elektroenergie ist: Sie muss in dem Augenblick „verbraucht“ werden in dem sie durch Umwandlung aus anderen Energieformen entsteht.

Bei der Sicherheit der Stromversorgung sind 2 Faktoren zu berücksichtigen:

- Netzstabilität
- Ausfallsicherheit

Die Stabilitätsbedingung

Die Bedingung für ein funktionierendes Stromnetz ist eine **ausgeglichene Leistungsbilanz**. Messgröße dieser Bilanz ist die Netzfrequenz, die im europäischen Netz 50 Hz beträgt.

Zu jedem Zeitpunkt muss der Bedarf an Elektroenergie durch eine gleich große Menge erzeugten Stroms gedeckt werden. Ist der Bedarf im Netz größer als die Erzeugung, fehlt Energie und die Netzfrequenz sinkt. Wird mehr Energie erzeugt als benötigt, steigt sie.

Wir geben hierfür eine einfache physikalische Begründung:

Ein Generator besteht, sehr vereinfacht gesagt, aus einem Stator mit Induktionsspulen und einem Rotor; einem Eisenkörper aus vielen einzelnen, voneinander isolierten Blechlamellen. Durch Drehung des Rotors wird in den Induktionsspulen des Stators eine Spannung induziert. Die Drehgeschwindigkeit des Rotors ist proportional zur Frequenz dieser Spannung. Sind mehrere Generatoren zu einem Stromnetz verbunden, ergibt sich aus deren Drehgeschwindigkeit die o.g. Netzfrequenz.

Belastet man die Induktionsspulen durch Stromentnahme, wird entsprechend der Lenzschen Regel eine Kraft erzeugt. Die Regel von Lenz besagt: Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er die Ursache seiner Entstehung zu hemmen versucht. Es entsteht also eine Gegenkraft, die die Drehung des Rotors abbremst. Die Netzfrequenz sinkt.

Generatoren werden durch Turbinen angetrieben. Um die Drehgeschwindigkeit des Generators auch unter Lastbedingungen konstant bei 50 Hz zu halten, muss die mit dem Generator verbundene Turbine genügend kinetische Energie liefern. Man kann hierzu solange mehr Dampf/Wasser über die Turbine leiten, bis deren maximale Leistung erreicht ist.

Sinkt dagegen die Last am Generator, sprich die Stromentnahme, sinkt auch der mechanische Widerstand, den der Generator gegenüber der Turbine ausübt. Die Drehgeschwindigkeit (=Netzfrequenz) würde steigen, wenn in diesem Fall nicht die Zufuhr kinetischer Energie turbinenseitig gedrosselt würde, um die Stabilitätsbedingung zu erfüllen.

Im Zusammenspiel mehrerer Generatoren stellt sich die Netzfrequenz auf rein physikalischem Wege aus den gleichen Gründen ein. Ein einzelner Generator kann nicht „aus der Reihe tanzen“. Er wird durch die lt. Lenzscher Regel wirkenden Kräfte auf die gleiche Drehgeschwindigkeit und die gleiche Phasenlage gezwungen wie alle anderen.

Der Unfall im Kraftwerk Boxberg 1987

Der Winter 1986/1987 bescherte Europa, also auch der damaligen DDR extreme Kälte. Die auf Halden lagernde und zur Beschickung der Braunkohlekraftwerke vorgesehene Kohle war knochenhart gefroren. Infolgedessen konnte sie nicht schnell genug an die Verbrennungsöfen herangeführt werden.

Am 14. Januar 1987 musste man deshalb, Block 13 des seinerzeit größten Kraftwerkes der DDR vom Netz nehmen. Die Abschaltung funktionierte jedoch aufgrund einer durch gefrorenes Kondenswasser blockierten Druckluftleitung nicht wie geplant. Der Generator ging nur mit einer Phase vom Netz. Dies hatte zur Folge, dass sich der Generator für einige Sekunden in Asynchronität zur Netzfrequenz befand. Die Lenz-Kräfte und die Trägheit der immer noch rotierenden Masse des Generators standen in so krassem Missverhältnis, dass der Kopf der 50 cm (!!!) dicken Welle, die den Generator mit der Turbine verband, abgesichert und ein Lagerblock, der die Welle trug, einige Meter durch die Kraftwerkshalle geschleudert wurde. Das alles, weil sich die rotierende, enorme Masse des Generators durch eine abrupte Fehlschaltung für einen Augenblick nicht im Gleichtakt mit der Netzfrequenz befand...

Sie fragen sich jetzt vielleicht, wie das Ganze im Zusammenhang mit der Stromerzeugung durch Photovoltaik funktioniert. In diesem Umfeld gibt es schließlich keine Generatoren, die sich mit allen anderen auf eine gemeinsame Drehgeschwindigkeit „einigen“ können. Die Aufgabe der Synchronisation wird dort durch elektronische Schaltungen erledigt. Ohne näher darauf einzugehen: Auch diese Schaltungen müssen den erzeugten Strom in exakter Übereinstimmung mit der Netzfrequenz einspeisen. Anderenfalls würden sie sich in Rauch auflösen.

Lastabwurf

Übersteigt die dem Netz entnommene Leistung die Leistung der Turbinen/Generatoren, kann dem allgemeinen Absinken der Drehzahl, d.h. der Netzfrequenz nicht mehr entgegengewirkt werden. Wenn bestimmte Grenzwerte unterschritten werden trennt sich der Generator deshalb automatisch vom Netz. Er wirft seine Last ab.

Lastabwürfe erhöhen natürlich die Last für die am Netz verbliebenen Generatoren. Wird in einem solchen Fall die Stromentnahme nicht sehr schnell durch Abschaltungen vermindert, kommt es zur Kettenreaktion bis hin zu einem großflächigen Stromausfall, dem so genannten Blackout.

Gewährleistung der Netzstabilität

Fehlt Energie, sinkt die Netzfrequenz unter 50 Hz, im Falle eines Überangebots steigt die Netzfrequenz über diesen Normwert. Zu große Abweichungen der Netzfrequenz führen zu Störungen, im Extremfall zu einem vollständigen, d.h. das gesamte Netz betreffenden Blackout.

Energiedefizite bzw. Überschüsse müssen also unbedingt ausgeglichen werden. Dazu dient die Regelennergie. In konventionellen Energieversorgungssystemen wird Regelennergie ausschließlich durch die Turbinen der fossilen Kraftwerke bereitgestellt. Von diesem Ansatz werden wir uns gemeinsam mit diesen Kraftwerken sukzessive verabschieden müssen, auch wenn er sehr bequem ist.

In Europa wurde eine einheitliche Regelstrategie festgelegt. Besonders wichtig sind dabei die ersten drei Stufen des Regelsystems. [1.7.1.1]¹

Die Primärregelung

Bei einer Frequenzabweichung von $\pm 0,2$ also 49,8 Hz bis 50,2 Hz muss innerhalb von 30 s die Regelleistung durch die teilnehmenden Kraftwerke, i.d.R. $\pm 2\%$ der Kraftwerksleistung, erbracht und 15 min lang gehalten werden. In Europa werden ca. ± 3000 MW Primärregelleistung vorgehalten. Auf Deutschland entfallen dabei 700 MW. Das ist die Leistung eines mittleren Kraftwerkes. Die Gesamtleistung wird von vorher festgelegten Kraftwerken an beliebiger Stelle in Europa bereitgehalten.

Bei einer Frequenzabweichung von 10 mHz, also von 49,99 bis 50,01 Hz greift keine Regelung ein. Der Ausgleich erfolgt trotzdem über die kinetische Energie der rotierenden Massen in den Generatoren.

Die Sekundärregelung

Nach spätestens 15 Minuten muss die Primärregelung durch die Sekundärregelung abgelöst werden. Das kann durch das Anfahren von Gasturbinen oder anderen geeigneten Kraftwerken erfolgen. Die vereinbarte Sekundärregelleistung muss innerhalb von 5 Minuten zur Verfügung stehen.

Die Tertiärregelung

Die Regelleistung der dritten Stufe, die Tertiärregelung, muss ebenfalls 15 Minuten nach dem Feststellen einer Abweichung $> 0,2$ Hz erbracht werden. Das kann durch Hoch- oder Abfahren konventioneller Kraftwerke geschehen. Wird negative Regelenergie benötigt (bei einem Stromüberangebot), so können z.B. Pumpspeicherwerke in Pumpbetrieb gehen oder Kühl und Heizaggregate zugeschaltet werden.

In Deutschland verfügbare Regelleistungen

Um die auf Deutschland entfallende Primärregelleistung bereitzustellen, sind keine fossilen Kraftwerke notwendig. [1.7.1.2]² Mathias Dahlheimer benennt in seinem Vortrag „Wie man einen Blackout verursacht“ eine Regelleistung von 700 MW die Deutschland bereitzustellen hat. Allein das Pumpspeicherwerk Goldisthal hat eine installierte Leistung von 1.060 MW. Die Speichergröße bei gefülltem Oberbecken beträgt 8.480 MWh. Das heißt diese 1.060 MW stehen 8 Stunden zur Verfügung. Innerhalb von 85 s kann bei Bedarf von Turbinen- auf Pumpbetrieb umgeschaltet werden.

Allein die deutschen Pumpspeicherwerke erbringen also die gesamte benötigte Primärregelleistung und einen großen Teil der Sekundärregelleistung.

Ausfallsicherheit

Stromausfälle sind nicht nur lästig, sondern können zu einer ernsthaften Bedrohung unseres täglichen Lebens werden. Bereits 2011 untersuchte das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag in der Studie „Was bei einem Blackout geschieht“ [1.7.1.3]³ das Szenario eines länger anhaltenden, flächendeckenden Stromausfalls. Der Schriftsteller Marc Elsberg leistete 2012 mit seinem Roman „Blackout. Morgen ist es zu spät“ einen literarischen

1[1.7.1.1] https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/ce/oh/Policy1_final.pdf

2 [1.7.1.2] https://www.youtube.com/watch?v=AzEmvX8_1jch

3 [1.7.1.3] <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/buecher/petermann-et-al-2011-141.pdf>

und nicht weniger drastischen Beitrag zum Thema. Für Kritiker der Energiewende sind die Schuldigen für einen möglichen Blackout klar. Es ist die Energiewende selbst. Aber wie sieht es wirklich aus?

Im Folgenden betrachten wir das Thema, ohne Sie mit tiefgründigen Rechnungen zu belasten.

Bei der aktuell gegebenen Versorgungsstruktur wird der meiste Strom in großen Kraftwerken erzeugt. Die Verteilung erfolgt dann über die verschiedenen Spannungsebenen zum Endverbraucher.

Fällt ein Kraftwerk, mit z.B. 1000 MW Leistung aus, dann fehlt diese Leistung im Netz und die Netzfrequenz sinkt, wie oben bereits erläutert. Mit den beschriebenen Mechanismen, in solchen Fällen Regelernergie bereit zu stellen, wird die Netzfrequenz stabilisiert. Normalerweise wird dies auch gelingen und es kommt zu keinen Problemen.

Anders sieht es aus, wenn zum Beispiel durch einen Cyberangriff, mehrere Großkraftwerke gleichzeitig vom Netz gehen. In einem solchen Fall könnte nicht schnell genug entsprechende Ersatzkapazität zur Verfügung gestellt werden. Der Blackout wird zur Realität. Wie weit sich dieser Blackout durch das Netz verbreitet, hängt von der Anzahl der betroffenen Kraftwerke, deren räumlicher Verteilung und der Reaktionsfähigkeit der Netzbetreiber ab, mit der sie betroffene Teile des Netzes aus dem Leitungsverbund nehmen.

1.7.2 Das Standard Lastprofil

Unser Bedarf an Elektroenergie schwankt zu unterschiedlichen Tageszeiten, Wochentagen und je nach Jahreszeit erheblich.

Nachts, wenn wir in der Regel schlafen, ist der Strombedarf der privaten Haushalte gering. Verbraucher sind dann meist nur periodisch arbeitende Geräte wie z.B. Kühlschränke und Heizungsanlagen. Hinzu kommt die permanente Grundlast unserer Stand by - Geräte. Gegen 6 Uhr beginnt unser Tag mit einem erhöhten Strombedarf.

In Abbildung 1.4 sind Lastprofile privater Haushalte für unterschiedliche Wochentage dargestellt. Diese Profile entstammen statistischen Auswertungen unseres Nutzungsverhaltens und können individuell natürlich ganz anders aussehen. Insgesamt sagt die Statistik dennoch klar und deutlich, dass die Deutschen am Wochenende etwas später aufstehen als werktags und am Sonntag Mittag ihr Essen immer noch gerne selbst kochen.

Die Stromerzeugung muss diesen Lastprofilen angepasst werden, um die Stabilitätsbedingung des Netzes zu gewährleisten. Dieses, unser Verbrauchsverhalten wird und muss sich auch unter den Bedingungen der ausschließlichen Nutzung erneuerbarer Energien nicht ändern.

In geringem Maße können wir schon heute durch gezieltes, persönliches Energiemanagement Einfluss darauf nehmen. Der prinzipielle Verlauf der in Abbildung 1.4. gezeigten Kurven wird aufgrund unserer Lebensgewohnheiten aber immer so aussehen.

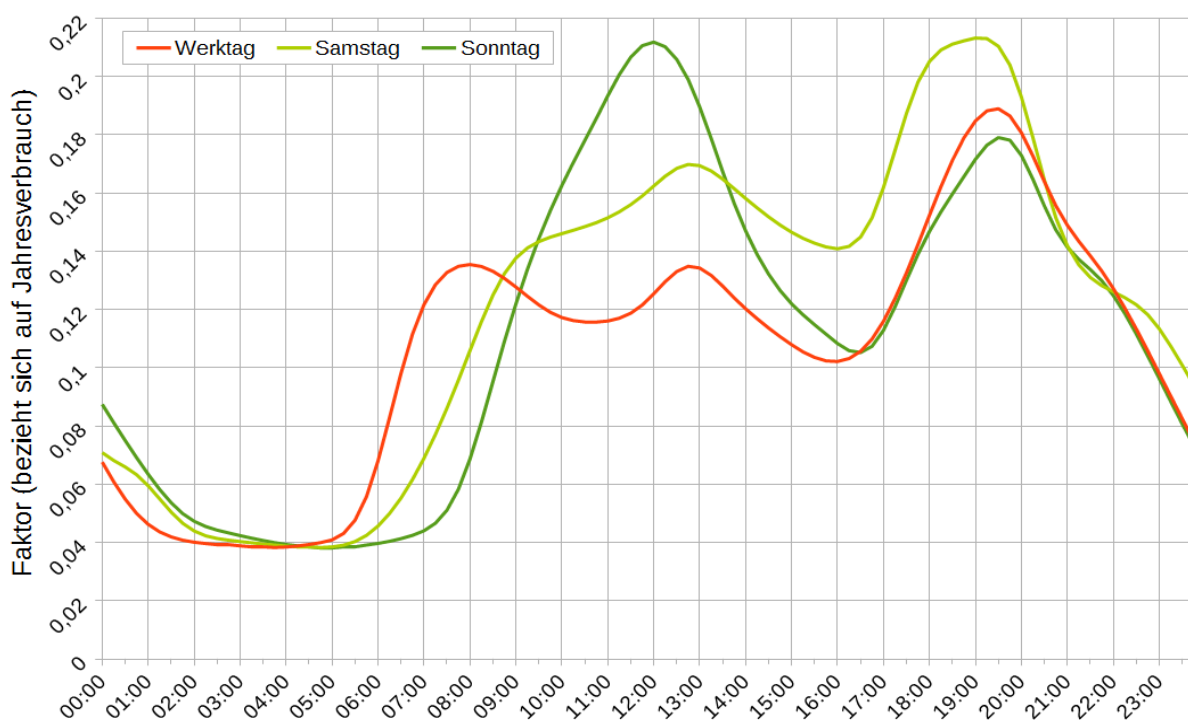


Abbildung 1.4: Lastprofil privater Stromkunden an verschiedenen Tagen im Winterhalbjahr

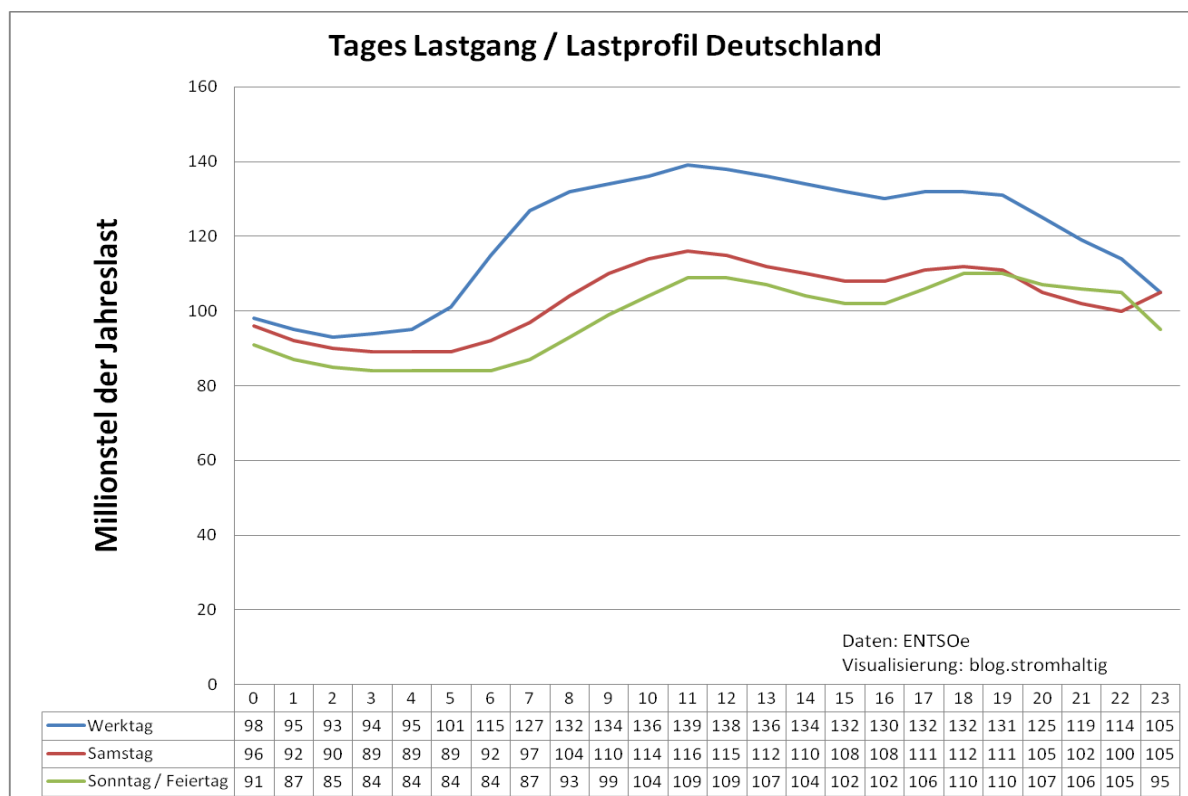


Abbildung 1.5: Tageslastgang Deutschland schematisch

<https://blog.stromhaltig.de/2014/05/lastganglastprofil-von-deutschland-fuer-gerechten-kohlestrom/>

Wenn wir den deutschlandweiten Tageslastgang betrachten, erkennen wir einen anderen Trend. An Werktagen haben wir zu jeder Tageszeit einen höheren Lastbedarf als am Wochenende. Dieser Fakt beruht auf dem Einfluss der Industrie als dem mit Abstand größten Stromverbraucher. Am Samstag wird der Bedarf vornehmlich durch Verbraucher wie Handel und Gewerbe und durch Haushaltskunden bestimmt. An Sonn- und Feiertagen sinkt der Bedarf durch den weitgehenden Wegfall von Handel und Gewerbe nochmals. Das heißt, dass der Spitzenlastbedarf der Haushaltskunden am Wochenende durch die vorhandenen Erzeugerkapazitäten bequem gedeckt werden kann.

1.7.3 Stromspeicherung

Batterien und Akkus gehören zu unserem Alltag. Sie sind notwendig, um mobile Geräte mit geringem Strombedarf überall zu betreiben. Die Energiebilanz von Batterien ist außerordentlich schlecht: Batterien verbrauchen bei ihrer Herstellung zwischen 40 und 500 Mal mehr Energie, als sie bei der Nutzung später zur Verfügung stellen [1.7.3.1]¹. Entsprechend verheerend stellen sich die Kosten dar. Strom aus Batterien ist rund 300 Mal teurer als Strom aus dem Netz.

Diese ineffiziente Art der Versorgung mit Strom wird durch die Verwendung von Akkus deutlich gemildert. Moderne Akkus können mehrere hundert Mal (Anzahl Ladezyklen des Akkus) aufgeladen werden, ohne nennenswert an Kapazität (die in technischen Unterlagen angegebene Zahl Ladezyklen bezieht sich meist auf 90% der ursprünglichen Kapazität) zu verlieren. Damit stellen sich Umwelt- und Energiebilanz von Akkumulatoren deutlich günstiger dar.

In Gewerbe- und Industriebetrieben sind Batteriespeicher zur Sicherstellung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung für IT-Anlagen, Steuer- und Regelungsprozesse, zur Notstromversorgung aber auch zum Abfangen von Lastspitzen im Einsatz [1.7.3.2]². Allerdings handelt es sich dabei in den allermeisten Fällen um Akkus – man spricht wegen nicht feststehender Begriffsdefinitionen dennoch meist von „Batteriespeichern“.

Großbatteriespeicher helfen schon gegenwärtig, das Stromnetz zu stabilisieren. Im nordfriesischen Braderup wurde 2014 ein kombinierter Lithium-Ionen/Redox-Flow-Batteriespeicher mit einer Gesamtkapazität von drei Megawattstunden als Zwischenspeicher eines Windparks installiert. Er speichert sowohl Strom zur direkten Nutzung oder zum Verkauf als auch zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen zwischen Stromangebot und -nachfrage im Stromnetz. Im gleichen Jahr wurde in Schwerin ein Lithium-Ionen-Speicher mit einer Kapazität von fünf Megawattstunden in Betrieb genommen. [1.7.3.3]³.

In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach Stromspeichern auch für private Photovoltaikanlagen deutlich gestiegen. Bis Ende September 2015 wurden im Rahmen des Speicherförderprogramms der KfW Bank rund 14.000 Anträge genehmigt [1.7.3.4]⁴.

Im Jahr 2012 wurden in Deutschland 1,5 Mrd. Gerätebatterien mit einem Gewicht von 43.549 Tonnen verkauft. Diese Menge ist ein ernst zu nehmendes Umweltproblem [1.7.3.5]⁵. Batterien und Akkumulatoren enthalten Quecksilber, Cadmium und Blei und andere gefährliche Schwermetalle. Quecksilber, Cadmium und Blei sind aber gleichzeitig wertvolle, teilweise seltene Rohstoffe. Das Recycling dieser Stoffe ist deshalb in zweifacher Hinsicht ein Muss.

1[1.7.3.1] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/batterien>

2[1.7.3.2] <https://fenecon.de/page/stromspeicher-commercial>

3[1.7.3.3] https://www.wemag.com/ueber_die_wemag/oekostrategie/Energiespeicher/Batteriespeicher

4[1.7.3.4] http://www.cep-expo.de/fileadmin/Tagungsbaende/Stromspeicher/10.10_Ammon.Martin.pdf

5[1.7.3.5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Starterbatterie>

1.7.4 Stromleitungsverluste

Fließt Strom durch herkömmliche Kabel und Transformatoren mit einem elektrischen Widerstand größer Null, entsteht Wärme. Abgesehen von supraleitenden Materialien tritt das Phänomen Widerstand bei allen Kabeln auf. Supraleiter sind allerdings momentan viel zu teuer, so dass ihre Verwendung in größerem Maßstab zur Zeit ausgeschlossen ist.

Der Wärmeanteil der Energie steht dann nicht mehr als Strom zur Verfügung. Deshalb wird er selbst vom Techniker oft als Verlust bezeichnet, was hinsichtlich der Elektroenergie richtig, hinsichtlich der Energie als physikalische Größe dagegen nicht korrekt ist. Nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik kann Energie in einem geschlossenen System weder entstehen noch verloren gehen.

Wenn wir Strom von A nach B transportieren wollen, ist die durch den Leitungswiderstand erzeugte Wärme natürlich unerwünscht und ihr Anteil muss minimiert werden. Die Minimierung erfolgt über

- geeignete Auswahl des Leitermaterials,
- Erhöhung des Leiterquerschnitts und
- Minimierung der Leitungslänge.

Dahinter steht die aus dem Physikunterricht vielleicht noch geläufige Formel

$$R = \rho * l / A \quad \text{mit}$$

ρ – spezifischer Widerstand (Materialkonstante)

l – Leitungslänge

A – Leitungsquerschnitt

Silber hat von allen Metallen den geringsten spezifischen Widerstand und wird deshalb vereinzelt dort eingesetzt, wo der Nutzen den immensen Mehrpreis rechtfertigt. Kupfer und Aluminium folgen jedoch mit geringem Abstand und sind deshalb die geläufigsten Leitermaterialien.

Die in Wärme umgesetzte Leistung kann unter Nutzung folgender einfacher Formeln berechnet werden:

$$P_v = U * I \quad (\text{Definition elektrische Leistung})$$

$$U = R * I \quad (\text{Ohmsches Gesetz nach U umgestellt})$$

Daraus folgt durch Einsetzen der zweiten Gleichung in die erste:

$$P_v = R * I^2 \quad \text{mit}$$

P_v – Leitungsverlustleistung

R – Leitungswiderstand

I – Stromstärke.

Die Leitungsverluste P_v sind demnach abhängig von der Leitungslänge und vom fließenden Strom, der sogar quadratisch in die Rechnung eingeht. Die Stromstärke kann durch Verwendung einer höheren Leitungsspannung gesenkt werden, was auch die unter 1.6.4 genannten unterschiedlichen Spannungsebenen für die verschiedenen Leitungsarten erklärt. Je länger die Leitung, desto höher die gewählte Spannung.

Am Ende bleibt die praktische Erkenntnis, dass der Stromtransport von A nach B umso verlustbehafteter ist, je weiter A und B auseinander liegen. Das heißt die Übertragung hoher Leistungen zum Beispiel von der Küste bis nach Süddeutschland ist per se unwirtschaftlich und sollte vermieden werden.

Verluste entstehen aber nicht nur in den Leitungen sondern auch bei der Spannungswandlung durch Transformatoren. Sie treten dort konzentriert am jeweiligen Transformator auf, selbst, wenn sich dieser im Leerlauf befindet. Die Verluste steigen, wenn der Transformator unter Belastung arbeitet. Unter Vollast wandelt ein Transformator ca. 3% des an der Primärseite eingehenden Stroms direkt in Wärme um. Überträgt eine Hochstromleitung also z.B. die Leistung von 2.000 MW, fallen an den zugehörigen Transformatoren bis zu 60 MW Wärmeleistung an. Durch die Nutzung dieser Abwärme z.B. zur Warmwasserbereitung wird der Gesamtwirkungsgrad verbessert.

Das BMWi hat die "Netzverluste und Nichterfasstes" für die Jahre 2010 bis 2014 berechnet. Sie liegen zwischen 4,7% im Jahr 2010 und 4,2% im Jahr 2014 der jährlichen Nettostromerzeugung [1.7.4.1]¹. Das Bemerkenswerte dieser Quelle ist die angehängte Rede Sigmar Gabriels (damals noch Bundeswirtschaftsminister) im deutschen Bundestag. Er bemüht sogar die Physik. Aber einen Hinweis, welcher Netzausbau volkswirtschaftlich und physikalisch sinnvoll wäre, blieb Herr Gabriel auch in dieser Rede schuldig.

1.7.5 Stromerzeugung; Brutto und Netto

Als Bruttostromerzeugung bezeichnet man die Menge elektrischer Arbeit (in TWh), die in den Kraftwerken direkt von den Generatorklemmen abgenommen wird. Nettostromerzeugung ist dagegen die Menge elektrischer Arbeit, die das Kraftwerk tatsächlich in das Stromnetz einspeist. Die Differenz zwischen Brutto und Netto ist der Eigenverbrauch der Kraftwerke.

Der Eigenverbrauch der Kraftwerke ist durchaus keine zu vernachlässigende Größe (vgl. Tabelle 1.2.). Um mit Elektroenergiemengen sachlich richtig zu rechnen, muss sie demnach ebenso berücksichtigt werden wie die Leitungsverluste.

1 [1.7.4.1] <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Strommarkt-der-Zukunft/zahlen-fakten.html>

Kraftwerkstyp	Eigenverbrauch [%]
Kohlekraftwerk	4 bis 10
Kernkraftwerk	5 bis 16
Dieselmotorkraftanlagen	3 bis 8
Gasturbinenkraftwerk	ca. 1
Wasserkraftwerk	ca. 1
Windkraftanlagen	0,35 bis 0,5
PV-Anlagen	nahe 0

Tabelle 1.2: Eigenverbrauch verschiedener Kraftwerkstypen

Der Eigenverbrauch eines Kraftwerkes entscheidet u.a. auch darüber, ob es schwarzstartfähig ist, d.h. ohne fremde Hilfe (wieder) in Betrieb genommen werden kann. Kernkraftwerke und Kohlekraftwerke müssen gesonderte Maßnahmen (z.B. Vorhalten eigener Dieselmotoren) treffen, um diese Fähigkeit zu erlangen; alle anderen Kraftwerkstypen besitzen sie von Haus aus.

1.8 Energiebedarf und Transportleistung im Verkehrsbereich

2015 betrug der Anteil fossiler, auf Mineralöl basierender Kraftstoffe für das Transportwesen in Deutschland 94%. Biokraftstoffe hatten einen Anteil von 4,2% und elektrisch wurden nur 1,6% der Gesamtenergie aufgewendet ([1.0.1], Tabelle 6a).

1.8.1 Personenbeförderung

Bei der Personenbeförderung war im Jahr 2015 der motorisierte Individualverkehr herausragend: Auf ihn entfielen 947 von insgesamt 1.179 Mrd. Personenkilometer (ca. 80%). Mit Eisenbahnen und anderen öffentlichen Verkehrsmitteln wurden in Deutschland lediglich 91 (=8%) bzw. 79 Mrd. (=7%) Personenkilometer, mit Flugzeugen 61 Mrd. (=5%) Personenkilometer zurück gelegt ([1.0.1], Tabelle 6.1). Die Fahrt mit dem eigenen PKW erzeugt wesentlich mehr CO₂ als die Nutzung von Bus oder Bahn. In einer Studie aus dem Jahr 2013 [1.8.1.1, Seite 124ff]¹ hat das Umweltbundesamt für die gesamten CO₂-Emissionen, inklusive des Baus und Betriebs der zugehörigen Infrastruktur und der Fahrzeuge, folgende Werte je Personenkilometer ermittelt:

1 [1.8.1.1] <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-emissionen-durch-infrastruktur>

Transportmittel	CO ₂ – Emissionen je Personenkilometer
PKW	163 g
Bahn im Nahverkehr	104 g
Bahn im Fernverkehr	65 g
Bus im Nahverkehr	87 g
Bus im Fernverkehr	38 g
Flugzeug	256 g

Tabelle 1.3: CO₂-Ausstoß verschiedener Transportmittel je Personenkilometer

Da sich die CO₂-Emissionen, bei angenommenen identischen Brennstoffen, proportional zum Energieeinsatz verhalten, liegt in der stärkeren Nutzung von Bus und Bahn also auch ein erhebliches Energieeinsparungspotential ([1.0.1], Tabelle 6a).

1.8.2 Güterverkehr

Auch im Güterverkehr dominiert klar die Straße. Von den insgesamt 650 Mrd. im Jahr 2015 statistisch gezählten Tonnenkilometern wurden 459 Mrd. (71%) auf der Straße zurückgelegt. 116,6 (18%) Mrd. entfielen auf Eisenbahnen und 55,3 Mrd. (9%) auf die Binnenschifffahrt. Rohrleitungen (Öl und Gas) waren mit 17,7 Mrd. Tonnenkilometer (3%) beteiligt, während das Flugzeug 1,4 Mrd. Tonnenkilometer (0,2%) beisteuerte ([1.0.1], Tabelle 1). Die CO₂-Emissionen sind auch im Güterverkehr äußerst unterschiedlich: Für die grenzüberschreitende Luftfracht werden 932 g CO₂-Ausstoß pro Tonnenkilometer ausgewiesen, Last- und Sattelzüge kommen auf 94 g. Am besten schneiden die Binnenschifffahrt mit 38 g und die Bahn mit 34 g CO₂-Ausstoß ab [1.4.3.1].

Ein höherer Anteil des Transportes von Gütern mit dem Binnenschiff oder auf der Schiene ist für die Zukunft auch unter energetischen Gesichtspunkten sehr wünschenswert. Das Umweltbundesamt veröffentlichte im Jahr 2012 die nachfolgende Quelle. [1.8.2.1]¹ Die enthaltenen Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2010. Daraus wurde die Tabelle 1.4. abgeleitet. Wir haben dabei lediglich die vom Bundesumweltamt in Petajoule angegebenen Werte in Terawattstunden umgerechnet und uns darüber hinaus erlaubt, als letzte Spalte einen Effizienzwert einzufügen.

1 [1.8.2.1] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf>

Transportweg	Transportaufkommen absolut [Mrd. t*km]	Anteil [%]	Energie absolut [TWh]	energetischer Anteil [%]	Effizienz [TWh/(Mrd. t*km)]
Straße	434,1	69,9	203,33	80,0	0,468
Schiene	107,3	17,3	11,56	4,6	0,108
Binnenschifffahrt	62,3	10,0	8,03	3,2	0,129
Rohrleitungen	16,3	2,6	k.A.	k.A.	k.A.
Luft	1,3	0,2	31,11	12,2	23,93
Summe 2010	621,3	100,0	254,03	100,0	

Tabelle 1.4: Primärenergieverbrauch und Effizienz des Güterverkehrs Deutschlands 2010
[eigene Darstellung abgeleitet aus 1.8.2.1]

Anhand dieser letzten Spalte können Sie leicht abschätzen, was eine Verlagerung des Transportes von der Straße auf die Schiene energetisch bedeutet. Die Einsparung liegt bei über 50%. Unter der Voraussetzung, dass der für eine voll elektrifizierte Bahn benötigte Strom ausschließlich aus regenerativen Quellen stammt, wäre die Bilanz, bezogen auf den Primärenergieeinsatz nochmals um etwa den Faktor 2 günstiger.

Das Ganze nochmals in absoluten Zahlen: Würde bei gleichem Transportaufkommen der Anteil der Schiene zuungunsten der Straße um 1% erhöht, ließen sich damit 2,23 TWh Primärenergie einsparen. 2% Verlagerung und ein mittlerer Kraftwerksblock könnte vom Netz gehen. Das alles im Rahmen des bestehenden Versorgungssystems.

Wir weisen an dieser Stelle darauf hin, dass die Daten aus [1.8.2.1] und [1.0.1], Tabelle 1, unterschiedlich sind, obwohl sie den gleichen Sachverhalt beschreiben. Wir können und wollen nicht endgültig beurteilen, welche Veröffentlichung richtig ist; weder bezüglich dieses noch anderer in unserem Buch besprochener Aspekte, die von verschiedenen Quellen **quantitativ** verschieden erfasst werden. Häufig genügt die **qualitative** Betrachtung der volkswirtschaftlichen Konsequenzen bestimmter Maßnahmen; hier z.B. die aus den Zahlen beider Quellen ableitbare Erkenntnis, dass der Güterverkehr auf der Straße deutlich energieintensiver ist als der auf der Schiene. Eine Erkenntnis, die unsere umweltbewussten Politiker zu Maßnahmen animieren sollte, die der Verlagerung weiterer Transportleistungen von der Straße auf die Schiene dienlich wären. Solche Maßnahmen sehen wir gegenwärtig nicht.

1.9 Wärmeversorgung

Etwas mehr als die Hälfte der Endenergie wurde in Deutschland im Jahr 2014 für die Erzeugung und Bereitstellung von Wärme eingesetzt. Für die Raumwärme, das Warmwasser, zum Kochen und für die verschiedensten Prozesse in der Wirtschaft wird Wärme benötigt. Diese Wärme wurde zu 45% mit Gas, 16% mit Öl, 9% mit Kohle und ebenfalls 9% durch erneuerbare Energien erzeugt [1.0.1].

Nach wie vor sind Erdgasheizungen die am häufigsten installierte Heizungstechnologie in Deutschland. Im vergangenen Jahr wurde in knapp jeder zweiten neuen Wohnung eine

Erdgasheizung eingebaut, in rund jeder fünften eine Wärmepumpe [1.9.1]¹ [1.9.2]². Insgesamt wurden bis zum Ende des Jahres 2015 905.000 Wärmepumpenanlagen in Deutschland bereitgestellt ([1.9.3], S. 28). Weniger als 1% der mit erneuerbaren Energien in 2015 erzeugten Wärme wurden durch Tiefengeothermieranlagen bereitgestellt ([1.9.4]³, S. 22).

Der Anteil moderner Wohnungen mit Fernwärme lag 2015 bei 21,5%. Fernwärme wird oft in speziellen Heizwerken erzeugt, die ganze Wohngebiete versorgen. Diese Heizwerke müssen hohen Umweltstandards genügen. Sie enthalten Filteranlagen für die Abgase. Auch Müllverbrennungsanlagen speisen die erzeugte Wärme meist in Fernwärmenetze ein. Aber auch bei der Stromerzeugung oder bei bestimmten industriellen Prozessen entsteht Abwärme. Solche Abwärme wird, wenn immer es wirtschaftlich sinnvoll ist, zur Fernwärmeversorgung eingesetzt.

Fernwärme wird mittels Heißwasser über Rohrleitungssysteme zum Verbraucher transportiert. Die Übergabe der Wärme erfolgt in der Hausübergabestation. Das abgekühlte Wasser wird dann aus dem jeweiligen Gebäude im Kreislauf an das Netz zurückgegeben.

In rund 6% der Neubauten wurden Holz und Holzpellets als primäre Quellen für Heizenergie genutzt. Kaum mehr von Bedeutung sind hingegen Ölheizungen. Ihr Anteil bei neu errichteten Wohnungen lag 2014 bei nur noch 0,7%.

Betrachtet man alle bestehenden Wohnungen, belief sich der Anteil der Fernwärme 2014 auf 13,5%, der der Wärmepumpen trotz des Booms in den letzten Jahren lediglich auf 1,5%.

Die Heizungstechnologien im Wohnungsbestand verändern sich aber nicht nur durch Neubauten, sondern natürlich auch durch Modernisierungen. Der Bedarf hierfür ist gegeben; Deutschlands Heizkessel sind im Durchschnitt 17,6 Jahre alt [1.9.5]⁴.

Als erneuerbare Energiequelle für die Warmwasserbereitstellung in Pufferspeichern oder auch zur saisonalen Wärmespeicherung sind zunehmend thermische Solarkollektoren im Kommen. Mit solchen Solarkollektoren kann man bis zu 80% der eingestrahlten Sonnenleistung nutzen. Selbst im Winter liefern sie an klaren Tagen Wärme. In der Übergangszeit sorgen sie für eine deutliche Entlastung der Heizungsanlagen.

In Deutschland wurden bis Ende 2015 insgesamt 2,15 Millionen Solarwärme-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 13,4 GW installiert [1.9.6]⁵. Der Wärmebedarf wurde damit zu 5% mit erneuerbaren Energien gedeckt ([1.9.3], S. 22). Hier besteht also erheblicher Nachholbedarf. Die Gewinnung solarer Wärme steht mindestens gleichberechtigt neben der solaren Stromerzeugung. Innerhalb sog. „Wohnblock-Quartiere“ unterstützt solare Wärme das Heizsystem, d.h., es wird weniger Fernwärme benötigt. Im Sommer könnte die gesamte Warmwasserversorgung solcher Quartiere mittels solarer Wärme gesichert werden.

1 [1.9.1] <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/15/Meldung/infografik-so-heizt-deutschland-heute.html>

2 [1.9.2] <http://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktionsweise/>

3 [1.9.4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Fernwärme>

4 [1.9.5] <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/15/Meldung/infografik-so-heizt-deutschland-heute.html>

5 [1.9.6] https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2016_3_BSW_Solar_Faktenblatt_Solarwaerme.pdf

Literaturverzeichnis Kapitel 1

[1.0.1]	www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energie-daten-gesamt.xls;jsessionid=7F2F2997C1DA505A8DD9717D939A00A0?__blob=publicationFile&v=13
[1.1.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Daseinsvorsorge
[1.1.2]	http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/daseinsvorsorge.html
[1.2.1]	https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/FAQ/faq-energie.html
[1.2.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Bruttostromverbrauch
[1.2.3]	https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/entwicklung-der-energiemaerke-energiereferenzprognose-endbericht.property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de.rwb=true.pdf
[1.3.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Prim%C3%A4renergie
[1.3.2]	[https://public.wmo.int/en/media/press-release/provisional-wmo-statement-status-of-global-climate-2016]
[1.5.1.1]	http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/kohlepolitik.html
[1.5.1.2]	http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2 https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60
[1.5.2.1]	https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60
[1.5.2.2]	https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=90&nid=&cof=60
[1.5.2.3]	https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=60&nid=&cof=60
[1.5.2.4]	http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/moeglichkeiten-zur-verbesserung-der-gasversorgungssicherheit-und-der-krisenvorsorge-durch-regelungen-der-speicher.property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de.rwb=true.pdf
[1.5.2.5]	https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20140613-staatliche-erdgasreserve-in-deutschland-kontraproduktiv-de?open&ccm=900030
[1.5.2.6]	http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/gas-instrumente-zur-sicherung-der-versorgung.html
[1.5.2.7]	http://www.lbeg.niedersachsen.de/download/98573/Erdoel_und_Erdgas_in_der_Bundesrepublik_Deutschland_2014.pdf
[1.5.2.8]	https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20140613-staatliche-erdgasreserve-in-deutschland-kontraproduktiv-de
	Der EBV
[1.5.2.9]	http://www.gesetze-im-internet.de/erd_lbevg_2012/
[1.5.2.10]	https://www.ebv-oil.org/cms/pdf/Ratingreport_20161222.pdf
[1.5.2.11]	https://www.ebv-oil.org/cms/pdf/EBV_Emittentenprofil.pdf
[1.5.2.12]	https://www.ebv-oil.org/cms/cms2.asp?sid=132&nid=&cof=57
[1.5.3.1]	http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Konventionelle-Energietraeger/kohle.did=190810.html
[1.6.1.1]	http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veranstaltungen/EST/07.pdf

[1.6.1.2]	http://www.bhkw-jetzt.de/home-warum-bhkws/strom-zu-ee-gas/
[1.6.2.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Kraft-W%C3%A4rme-Kopplung
[1.6.2.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Fernw%C3%A4rme
[1.6.4.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Stromnetz
[1.7.1.1]	https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/ce/oh/Policy_1_final.pdf
[1.7.1.2]	https://www.youtube.com/watch?v=AzEmvX8_1jch
[1.7.1.3]	https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/buecher/petermann-et-al-2011-141.pdf
[1.7.3.1]	https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/batterien
[1.7.3.2]	https://fenecon.de/page/stromspeicher-commercial
[1.7.3.3]	https://www.wemag.com/ueber_die_wemag/oekostrategie/Energiespeicher/Batteriespeicher
[1.7.3.4]	http://www.cep-expo.de/fileadmin/Tagungsbaende/Stromspeicher/10.10_Ammon,Martin.pdf
[1.7.3.5]	https://de.wikipedia.org/wiki/Starterbatterie
[1.7.4.1]	http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Strommarkt-der-Zukunft/zahlen-fakten.html
[1.8.1.1]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_96_2013_treibhausgasemissionen_durch_infrastruktur_und_fahrzeuge_2015_01_07.pdf
[1.8.2.1]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf
[1.9.1]	https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/15/Meldung/infografik-so-heizt-deutschland-heute.html
[1.9.2]	http://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktionsweise/
[1.9.3]	https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=12
[1.9.4]	https://de.wikipedia.org/wiki/Fernwärme
[1.9.5]	https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/15/Meldung/infografik-so-heizt-deutschland-heute.html
[1.9.6]	https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2016_3_BSW_Solar_Faktenblatt_Solarwaerme.pdf

2. Energiebedarf einer nachhaltigen Gesellschaft

Wie groß wird in der Zukunft der Energiebedarf einer nachhaltigen Gesellschaft in Deutschland sein? Was bedeutet Nachhaltigkeit überhaupt?

Jeder biologische Organismus benötigt Ressourcen wie Wasser, Luft und Nahrung (=Energie) zum Leben, die er seiner Umwelt entnimmt. Alle Organismen geben andererseits Ressourcen wieder an die Umwelt zurück. Pflanzen bilden u.a. die Nahrungsgrundlage für Tiere und sind darüber hinaus für die Produktion von Sauerstoff zuständig – um nur ein Beispiel zu nennen. Solange sich Geben und Nehmen im Gleichgewicht befinden, bleibt die Umwelt intakt.

Einzig der Mensch maßt sich seit Anbeginn seiner Zivilisation an, der Umwelt mehr Ressourcen zu entnehmen als er an sie zurückführt. Spätestens mit unserem Eintritt in das Industriezeitalter stören wir damit das Gleichgewicht der Natur in erheblichem Maße.

2.1 Ressourcen und Nachhaltigkeit

Bei den natürlichen Ressourcen muss man prinzipiell zwischen zwei Arten unterscheiden. Was uns die Natur ständig neu bereitstellt, sind nachwachsende bzw. regenerative Ressourcen. Rohstoffe wie Erze, Öl, Gas und Kohle sind dagegen grundsätzlich endlich. Zwar werden auch diese Materialien neu gebildet, allerdings in einem Zeitrahmen, der unseren Horizont bei weitem übersteigt.

Nachhaltigkeit bedeutet nichts anderes, als alle verfügbaren Ressourcen nur soweit zu belasten, dass die Gesellschaft dauerhaft bestehen kann. Man darf der Natur nur so viel entnehmen wie nachwachsen bzw. sich wieder regenerieren kann. Man muss der Natur außerdem die Chance zur Regeneration lassen; eine Regel, die aufgrund wirtschaftlicher Kurzsichtigkeit allzu oft verletzt wird, denken wir z.B. an den Raubbau an den tropischen Regenwäldern.

Bei den endlichen Ressourcen geht es in Bezug auf Nachhaltigkeit darum, sie in einem Kreislauf immer wieder zu verwenden. Die ursprünglich der Erde entnommenen Rohstoffe sind in den Produkten gebunden, mit denen wir unser Leben angenehmer gestalten. Eine nachhaltig handelnde Gesellschaft muss diese Produkte am Ende ihrer Nutzungsdauer recyceln, d.h. die enthaltenen Rohstoffe zurückgewinnen, um sie erneut zu verwerten.

Das schlichte Verbrennen von Öl, Kohle und Gas zur Energiegewinnung lässt keinen Raum für Recycling. Folglich ist Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen das Gegenteil von nachhaltig.

Windmühlen und Wasserkraft verwendet der Mensch schon seit dem Altertum als regenerative Energiequellen. Wasserkraft zur Stromerzeugung kennen wir aber erst seit etwa 130 Jahren. Bis hinein in die 90iger Jahre des vorigen Jahrhunderts gab nur die Wasserkraft als ernst zu nehmende Alternative zur Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern. Sie konnte allerdings nur einen kleinen Teil unseres Energiebedarfs abdecken. Daher mussten wir uns weitere regenerative Quellen durch adäquate Technik erschließen.

Um 1990 wurden in Deutschland die ersten modernen Windräder errichtet. Wenig später erlangten die ersten Photovoltaik-Anlagen ihre Marktreife.

Effiziente Anlagen und Verfahren zur Nutzung von Sonne, Wind und Erdwärme stehen nunmehr bereit. Wir befinden uns demnach in einer Übergangsphase, in der fossile Energieträger immer noch eine Energiebedarfslücke füllen, die wir **technologisch** längst geschlossen haben. Jetzt kommt es darauf an, diese Lücke auch **faktisch** zu schließen.

Wir müssen unser Handeln schnellstens ändern, wenn wir nicht unsere noch vorhandenen, fossilen Rohstoffe einfach verfeuern wollen. Öl, Kohle und Gas sind definitiv **Rohstoffe**, vor allem für die chemische Industrie. Die oft verwendeten Bezeichnungen „Brennstoffe“ oder „Energieträger“ halten wir für nicht zeitgemäß.

2.2 Nachhaltigkeit im aktuellen gesellschaftlichen Umfeld

Eine Gesellschaft, die vordergründig nach wirtschaftlichen Grundsätzen im Sinne kurzfristiger Gewinnerzielung handelt, kann nicht nachhaltig sein. Aus dem Warenlager, das die Natur uns bietet, kann man sich natürlich fast zum Nulltarif bedienen. Nur die Kosten der Erschließung und Gewinnung der Naturgüter gehen in die ökonomische Bilanz ein. Zwar spricht man gemeinhin gerne von Bodenschätzen, misst aber diesen Schätzen den Preis Null zu, solange sie noch im Boden liegen. Wer sollte den Preis auch fordern? Die Natur stellt keine Rechnung in Euro oder Dollar, sie wird aber irgendwann ihre eigene Währung verlangen.

Wenn die Rückgewinnung von Rohstoffen im Recyclingprozess gegenüber dem Einsatz neuer Rohstoffe nicht wirtschaftlich erscheint, wird nicht recycelt, sondern gedankenlos entsorgt. Oft genug hängt die Nichtrentabilität des Recyclings mit einem zu hohen energetischen Aufwand zusammen, womit wir wieder beim eigentlichen Thema wären. Wir müssen in Zukunft mehr und mehr in der Lage sein, auch Recyclingprozesse zu etablieren, die sehr energieintensiv sind.

Politiker und Wirtschaftsvertreter bezeichnen ökonomisches Wachstum gern als einen, wenn nicht den wichtigsten Grundpfeiler unserer Gesellschaft. Diese These muss dringend hinterfragt werden. Wachstum, das mit einem sich immer stärker beschleunigenden Verbrauch an Ressourcen einhergeht, kann nicht bis in alle Ewigkeit funktionieren. Genau genommen funktioniert es schon heute nicht mehr.

Wir fahren auf diese Weise unsere ganze Gesellschaft gegen die Wand. Wir wissen das, wir können die Wand sogar schon sehen und fahren trotzdem immer schneller darauf zu. Bis zum Aufprall wird es uns schließlich noch richtig gut gehen. Und bis zum Aufprall bleibt noch so viel Zeit. Wirklich? Sind wir nicht alle schon Passagiere auf dem Narrenschiff von Reinhard Mey? [2.2.1]¹

Um im Bild zu bleiben: Wir müssen endlich die Bremse finden.

2.3 Energie neu denken

Nach Einschätzung der Bundesregierung „...beruht die Energiewende darauf, die Energieeffizienz zu steigern, den Energieverbrauch zu senken und die erneuerbaren Energien weiter auszubauen...“ [2.3.1]² Dem können wir nur zum Teil zustimmen. Vor allem haben wir für die im Zitat genannten Aspekte eine ganz andere Wichtung.

Für die Piratenpartei Deutschland bedeutet Energiewende etwas anderes, nämlich:

1. Wir steigen konsequent von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger um.
2. In der Übergangszeit bis zum Erreichen des Ziels 100% erneuerbare Energieerzeugung geht es vor allem darum, den Bedarf an fossiler Primärenergie möglichst schnell zu senken.
3. Wir erzeugen Energie nicht in zentralen Großkraftwerken, sondern gewinnen sie hauptsächlich mit dezentralen Erzeugerstrukturen.
4. Stromsparen steht für uns nicht im Vordergrund. Vielmehr wollen wir regenerativ erzeugten Strom in einer Menge bereitstellen, die es uns ermöglicht, diesen Strom auch für Verfahren und Techniken zu verwenden, die bislang unwirtschaftlich erscheinen; z.B. energieintensives Recycling oder Methoden zur Umwandlung überschüssigen Stroms in andere Energieformen, wie das Power to Gas und das Power to Liquid Verfahren oder den Ansatz, aus Algen flüssigen Treibstoff herzustellen.

1 [2.2.1] https://www.youtube.com/watch?v=8Lz_qPvKCsg Das Narrenschiff von Reinhard May

2 [2.3.1] <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen.did=672756.html>

2.3.1 Die vorhandenen Techniken regenerativer Energieerzeugung

Strom und Wärme lassen sich durch Millionen Photovoltaikanlagen und Solarthermiemodule auf Wohnhäusern, Industriebauten und öffentlichen Gebäuden gewinnen. Zusätzlich nutzen wir den Wind und die Erdwärme mit zehntausenden Windkraftanlagen und Wärmepumpen.

Die komplette Realisierung dieses Ansatzes ist keinesfalls einfach, aber die genannten Technologien sind bereits vorhanden. Wir träumen nicht von der Nutzung der Kernfusion, obwohl durchaus vorstellbar ist, dass diese Lösung in einigen Jahrzehnten zur Verfügung steht. Wir bewegen uns innerhalb der Realität des Hier und Jetzt, wenn wir an vielen Stellen des weiteren Textes den medial immer wieder eindrucksvoll zelebrierten Positionen der alteingesessenen Energiewirtschaft und der Bundesregierung widersprechen.

Wir favorisieren Sonne und Wind als nachhaltige Energiequellen. Beides steht im Überfluss und dauerhaft kostenlos zur Verfügung. Deshalb ist es nicht notwendig, unseren Energiebedarf zu begrenzen. Doch um die Energieversorgung komplett auf erneuerbare Energieträger umzustellen, müssen sehr viele zusätzliche Anlagen gebaut werden. Es ist deshalb sinnvoll, nur die effizientesten Technologien einzusetzen, um das Ziel des vollständigen Ausstiegs aus den fossilen Energiequellen so bald als möglich zu erreichen.

2.3.2 Energieeffizienz

Die Aussage „Energie, die ich nicht benötige, muss ich auch nicht erzeugen.“ ist natürlich eine Binsenweisheit. Sofort denken wir an die Segnungen der Energiesparlampe bzw. der neuen LED-Beleuchtung und fühlen uns gut dabei, wenn wir unsere letzten alten Glühbirnen durch moderne Leuchtmittel ersetzen, die überdies viel länger halten.

Aber ist die Einsparung von Energie wirklich der einzige Aspekt, wenn wir von Energieeffizienz sprechen? Liest man die Verlautbarungen der Bundesregierung, kann man diesen Eindruck durchaus gewinnen.

Mit dem „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz“ will die Bundesregierung erreichen, „...den Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 gegenüber 2008 um 20% zu senken und bis 2050 zu halbieren“ [2.3.2.1]¹. Eine weitere Publikation, die argumentativ in die gleiche Kerbe schlägt, ist das „Grünbuch Energieeffizienz“ [2.3.2.2]² des BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft). Im Grünbuch wirbt das BMWi immerhin um öffentliche Stellungnahme zu den dort formulierten Thesen. Viele dieser Thesen basieren unserer Meinung nach jedoch schon auf falschen Voraussetzungen. U.a. halten wir die Lesart, wie das BMWi Energieeffizienz versteht, für wenig zielführend. Damit wird eine Diskussion über grundlegende Fragen der Energieversorgung von vornherein unterbunden. Wir haben als Piratenpartei dennoch eine Stellungnahme zum Grünbuch erarbeitet und sind gespannt auf die Antwort des BMWi [2.3.2.3]³.

Auf welchem Weg das o.g. Ziel der Senkung des Primärenergiebedarfs um 20% bis 2020 und um 50% bis 2050 erreicht werden soll, geht weder aus dem „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz“ noch aus dem Grünbuch eindeutig hervor. Im Gesamtkontext gewinnt der Leser jedoch bei beiden Texten den Eindruck, allein die schon zitierte Energiesparlampe könnte es richten; im übertragenen Sinne natürlich. Damit wird das eigentliche Problem verschleiert.

Anknüpfend an unsere Definition für Primärenergie (vgl. 1.3.) möchten wir an dieser Stelle nochmals auf folgenden, sehr wichtigen Aspekt verweisen, der in den beiden Dokumenten der Bundesregierung nicht explizit zur Sprache kommt: Würde man z.B. 10 TWh Strom aus erneuerbaren Energiequellen erzeugen, wäre der fossile Primärenergiebedarf Null. Erzeugt man

1 [2.3.2.1] <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen.did=672756.html>

2 [2.3.2.2] <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/gruenbuch-energieeffizienz.property=pdf.bereich=bmwi2012.sprache=de.rwb=true.pdf>

3 [2.3.2.3] <https://energiepolitik.piratenpartei.de/2016/11/22/stellungnahme-der-ag-energiepolitik-der-piratenpartei-deutschland-zum-gruenbuch-energieeffizienz-des-bundesministeriums-fuer-wirtschaft-und-energie/>

die gleiche Energiemenge aus Braunkohle, sind hierfür sich mindestens 25 TWh fossiler Primärenergie in Form von Braunkohle notwendig, weil der Wirkungsgrad selbst modernster Kohlekraftwerke 40% nicht übersteigt.

Wahre Energieeffizienz erreicht man folglich weniger über Einsparungen beim Verbrauch, sondern vielmehr über die intelligente Bereitstellung von Energie. Die Hinwendung zu erneuerbaren Energiequellen wird jedoch gegenwärtig von der Politik gebremst. Um das von ihr definierte Ziel der massiven Einsparung von Primärenergie zu erreichen, bleibt als Ausweg nur die Verkündung unbedingten Sparens beim Verbrauch von Endenergie.

Sparen wollen wir natürlich auch, aber nicht in der Bereitstellung von Endenergie, sondern bei der Verwendung fossiler Primärenergieträger.

Das Ziel der Bundesregierung, den Primärenergiebedarf zu senken, bleibt in seiner Durchführung vage. Es ist richtig, dass eine Verbesserung der Wirkungsgrade sowie eine Effizienzsteigerung in der privaten und industriellen Energienutzung den Primärenergiebedarf herabsetzen. Aber das sagt nichts darüber aus, ob damit auch der Anteil der Nutzung fossiler Energieträger zurückgeht. Will man tatsächlich Kraftwerke abschalten oder den eingesparten Strom einfach nur exportieren? Und wenn man abschaltet: Welche Erzeugerstrukturen wird es treffen? Wir befürchten, es werden die nach Lesart der Energiewirtschaft weniger effizienten, sprich die weniger rentierlichen sein.

Schlussendlich macht die Betrachtung des Primärenergiebedarfs gar keinen Sinn mehr, wenn ausschließlich die im Überfluss vorhandene Energie von Sonne und Wind genutzt wird. Ökonomen verwenden daher bei erneuerbaren Energiequellen unter Missachtung der tatsächlichen physikalischen Gegebenheiten gerne die einfache Formel Primärenergie = Endenergie. Aus ökonomischer Sicht ist das auch völlig korrekt, weil es z.B. völlig unerheblich ist, welchen Wirkungsgrad eine Solarzelle hat. Entscheidend sind hier nur zwei Dinge: Erstens die Tatsache, dass der Materialeinsatz beim Betrieb der Zelle gleich Null ist und zweitens das, was „hinten `rauskommt“. Kurz gesprochen, liegt der „ökonomische Wirkungsgrad“ von Solarzellen, Windrädern und Wasserkraftwerken nahe 100%. Nicht genau hundert, weil die Herstellung entsprechender Anlagen und deren Anbindung an das Stromnetz natürlich auch Energie kosten.

Verabschieden wir uns also vom Primärenergie-Einsparungsgedanken. Und wenn wir ihn doch verfolgen wollen, erinnern wir uns wieder an das Beispiel, dass für 10 TWh Strom heute immer noch 25 TWh chemische Energie in Form von Kohle bereitgestellt werden müssen. Die gesellschaftliche Aufgabe muss es sein, so schnell wie möglich auf den Einsatz fossiler Brennstoffe zur Strom- und Wärmeherzeugung und zum Transport zu verzichten. Die hauptsächlichen Energiequellen der Zukunft sind Sonne und Wind.

2.4 Mobilität ohne fossiles Mineralöl

Im Verkehrsbereich wird in Deutschland die meiste Endenergie eingesetzt. Im Jahr 2015 waren es 728 TWh oder 29,5% der Endenergie. Hiervon wurden 94% (684 TWh) aus Mineralöl erzeugt [\[1.0.1\]](#). In der Gegenwart geht es darum, diesen Anteil schnellstmöglich zu reduzieren. Mittelfristig müssen wir ohnehin auf fossiles Mineralöl als Energieträger vollständig verzichten, wenn es schlichtweg kein Erdöl mehr gibt.

Bereits heute steht eine Vielzahl von energiesparenden Technologien zur Verfügung. Durch Elektroantriebe im Verkehr, durch weitere Effizienzsteigerung der Antriebstechnik und durch Optimierung der Warenströme innerhalb Deutschlands scheint es uns damit aus heutiger Sicht möglich, den zukünftig erforderlichen Energiebedarf für den Verkehrsbereich erheblich zu senken.

2.4.1 Aktueller Stand Elektromobilität

Der Elektromotor besitzt gegenüber dem Verbrennungsmotor einen viel höheren Wirkungsgrad (s. Tabelle 2.5). Schon vor langer Zeit wurden elektrifizierte Eisenbahnen, Omnibusse und PKW gebaut, um Personen und Güter zu transportieren. U- und S-Bahnen fahren seit Jahrzehnten elektrisch. Elektrobusse mit Oberleitung waren schon vor 50 Jahren weltweit im Einsatz. Seit jüngster Zeit befinden sich in Deutschland Batteriebusse erfolgreich im Linienverkehr im Einsatz [2.4.1.1]¹. Neben vielen Anbietern aus dem Ausland gibt es inzwischen auch deutsche Hersteller von Batteriebussen mit Reichweiten jenseits der 200 km [2.4.1.2]², die damit für den öffentlichen Nahverkehr (tagsüber fahren, über Nacht laden) bestens geeignet sind. Die Anschaffungskosten solcher Busse liegen zwar etwa 30% über denen eines vergleichbaren Dieselmotors, jedoch amortisieren sich diese Mehrkosten innerhalb der Nutzungsdauer bereits unter Zugrundelegung der heute immer noch hohen Preise für die Antriebsbatterien.

Was den Individualverkehr angeht, tun sich gerade die hochgelobten deutschen Automobilhersteller im Moment noch recht schwer, praxistaugliche Elektro-PKWs zu attraktiven Preisen anzubieten. Die Reichweite der meisten deutschen Produkte lag in 2016 nur im Bereich von 100 km. Für 2017 sind immerhin Fahrzeuge mit Reichweiten in Sicht, die dem entsprechen, was ausländische Hersteller schon länger in petto haben.

Auf direkte vergleichende Betrachtungen einzelner Modelle oder Werbung für spezielle Hersteller möchten wir an dieser Stelle verzichten. Einen guten Marktüberblick, der zudem ständig aktualisiert wird, finden Sie z.B. unter [2.4.1.3]³.

2.4.2 Elektrifizierter Güterverkehr

Der überregionale Güterverkehr könnte, politischen Willen vorausgesetzt, verstärkt auf die elektrifizierte Bahn wechseln. Batteriebetriebene LKWs könnten die regionale Verteilung der Güter übernehmen. Im Rahmen des Projektes „Elektromobilität in Modellregionen“ der Bundesregierung wurde in Berlin der Einsatz elektrisch angetriebener Nutzfahrzeuge im städtischen Lieferverkehr bereits getestet. In Stuttgart hat ein Praxistest von batteriebetriebenen Sechstonner-LKWs begonnen. Die Deutsche Post hat für die Paketzustellung selbst einen Kleintransporter entwickelt [2.4.2.1]⁴ [2.2k] und plant die komplette Umstellung ihrer Transporterflotte, die immerhin 70.000 Fahrzeuge umfasst. Eine umfangreiche Liste von Elektro-Nutzfahrzeugen und Elektro-Nutzfahrzeug-Prototypen findet man im Anhang unter dem Literaturhinweis [2.4.2.2]⁵. Auch der Einsatz von nach dem "Power to Liquid"-Verfahren hergestelltem synthetischen Kraftstoff in herkömmlichen Fahrzeugen ist eine Option [2.4.2.3]⁶, allerdings nur dann, wenn der Strom aus regenerativen Quellen stammt.

Bisweilen wird immer noch das Konzept des Einsatzes von wasserstoffgetriebenen Verkehrsmitteln vorgeschlagen. Zwar kann man Wasserstoff durch Elektrolyseverfahren mittels Strom aus erneuerbaren Energien umweltfreundlich erzeugen, jedoch sind sowohl Transport als auch Lagerung von Wasserstoff technisch wesentlich aufwendiger als Stromtransport und Stromspeicherung für Elektrofahrzeuge. Es müsste außerdem eine anspruchsvolle Wasserstoff-Infrastruktur geschaffen werden. Auch ist der Aufwand der Herstellung und Unterhaltung wasserstoffbetriebener Fahrzeuge wesentlich höher als der batteriebetriebener. Ein Wasserstoffauto, egal ob mit oder ohne Brennstoffzelle, besitzt viel mehr bewegliche und zu wartende Einzelteile als ein Batterieauto.

Last but not least liegt der Wirkungsgrad eines Wasserstoffmotors nur wenig über dem eines

1 [2.4.1.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Oberleitungsbuss>

2 [2.4.1.2] <http://www.sileo-ebus.com/>

3 [2.4.1.3] <http://www.elektroauto-news.net/wiki/elektroauto-vergleich>

4 [2.4.2.1] <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/e-autos-der-post-pakete-ganz-sauber-geliefert-1.3132576>

5 [2.4.2.2] https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Elektro-Nutzfahrzeugen_und_Elektro-Nutzfahrzeug-Prototypen

6 [2.4.2.3] <https://www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/treibhausgasneutraler-gueterverkehr-ist-noetig>

Benzin- oder Dieselmotors [2.4.2.4]¹. Ähnliches gilt auch für das Konstrukt einer mit Wasserstoff betriebenen Brennstoffzelle, die einen Elektromotor antreibt. Schon „ineffiziente“ Elektromotoren haben dagegen einen Wirkungsgrad von über 90%

Antrieb	Wirkungsgrad [%]
Benzinmotor	25 bis 35
Dieselmotor	35 bis 45
Brennstoffzelle	35 bis 48
Elektromotor	nahe 100

Tabelle 2.5: Wirkungsgrad verschiedener Antriebstypen

Das Argument einer größeren Reichweite von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen wird bereits in wenigen Jahren durch die aktuellen Weiterentwicklungen in der Batterie- und Kondensatoren-technik nicht mehr relevant sein. Wirtschaftlich betrachtet, bleiben für Wasserstoffautos bestenfalls einige Nischenanwendungen

Bereits heute steht eine Vielzahl von energiesparenden Technologien zur Verfügung. Durch Elektroantriebe im Verkehr, durch weitere Effizienzsteigerung der Antriebstechnik und durch Optimierung der Warenströme innerhalb Deutschlands scheint es uns damit aus heutiger Sicht möglich, den zukünftig erforderlichen Energiebedarf für den Verkehrsbereich erheblich zu senken. Wir gehen daher von einem Energiebedarf von 250 TWh aus.

2.4.3 Schiffsverkehr

Für den Schiffsverkehr wird intensiv an Möglichkeiten zur Energieeinsparung unter anderem durch den Einsatz von die Windströmung nutzenden Flettner-Rotoren und einer Schiffs-routenoptimierung geforscht [2.4.3.1]².

Auch eine Leichtbauweise von Frachtschiffen, ähnlich wie bei Yachten schon üblich, mit einer deutlichen Gewichtsreduzierung und einer entsprechend größeren Zuladung ist für die Zukunft denkbar.

Es ist heute noch schwer abzuschätzen, in welchem Umfang Elektromotoren als Schiffsantrieb, z.B. für kurze Fährfahrten oder den küstennahen Personen- und Gütertransport zukünftig einsetzbar sind. Wenn wir zukünftig vollständig, also auch im Bereich des Schiffsverkehrs, auf den Einsatz fossiler Energieträger – hier konkret des ökologisch hochproblematischen Schweröls – verzichten wollen, benötigen wir weitere Alternativen.

Biomasse kann eine solche zusätzliche Alternative sein. Aus Biomasse lassen sich sogenannte BTL Kraftstoffe gewinnen [4.1.4.2]. Die Herstellung derartiger Kraftstoffe darf allerdings weder in direkter Konkurrenz mit der Produktion von Nahrungsmitteln stehen noch mit einem Raubbau an der Natur einhergehen.

Das Forschungsprojekt „Aufwind“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft leistet mit der Untersuchung, wie die Gewinnung von Öl aus Algen optimiert werden kann, ebenfalls einen Beitrag in die richtige Richtung. [2.4.3.2]³

1 [2.4.2.4] <http://www.bmwarchiv.de/artikel/2009-03-12-bmw-wasserstoffmotor-erreicht-spitzenwirkungsgrad.html>

2 [2.4.3.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Flettner-Rotor>

3 [2.4.3.2] <http://www.spektrum.de/news/energiewende-mit-algen-zu-sauberer-energie/1352317>

Weitere Möglichkeiten, Kraftstoff ohne nennenswerte CO₂ – Emissionen zu erzeugen, sind das Power to Liquid- [2.4.3.3]¹ und das Power to Gas – Verfahren . [2.4.3.4]² Aus CO₂ und Strom aus erneuerbaren Quellen entstehen hierbei flüssige bzw. gasförmige Treibstoffe.

Gasturbinen kommen neben konventionellen Verbrennungsmotoren durchaus als Antrieb von Schiffen infrage, wie das Beispiel einer Fähre auf der Route nach Helgoland zeigt.

Der Energiebedarf der deutschen Volkswirtschaft durch ihre Beteiligung an der internationalen Seeschifffahrt wird lt. einer Abschätzung der Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“ des Umweltbundesamtes mit 173 TWh beziffert.

In diesem Energiebedarf ist aber noch nicht berücksichtigt, dass ein Teil der Kraftstoffmenge nicht aus Biomasse (zum Beispiel Algen), sondern synthetisch aus erneuerbarem Strom erzeugt wird. Das „Power to Liquid-Verfahren“ arbeitet mit einem Wirkungsgrad von 50% [2.4.3.5]³. Unter der Annahme, dass die Hälfte der Kraftstoffe für den internationalen Schiffsverkehr aus Biomasse stammt und die andere Hälfte synthetisch mit erneuerbarem Strom hergestellt wird, so erhöht sich der Energiebedarf auf 260 TWh.

2.4.4 Flugverkehr

Im Flugverkehr wurden im Jahr 2015 101 TWh als Turbinenkraftstoff eingesetzt. Das sind 13,8% der gesamten, dem Verkehrssektor zugeschriebenen Energie [1.0.1] Tab. 6a. Auch hier kann und muss darüber nachgedacht werden, wie der fossile Kraftstoffeinsatz durch neue technische Ansätze zunächst reduziert und perspektivisch komplett vermieden werden kann.

Mit einem von der Siemens AG entwickelten Elektromotor hat ein Kunstflugzeug bereits erfolgreiche Testflüge absolviert. Zusammen mit dem Airbus-Konzern arbeitet Siemens an der Entwicklung eines zunächst teilelektrisch und perspektivisch vollelektrisch angetriebenen Linienflugzeuges für bis zu 100 Passagiere. Es ist jedoch nicht absehbar, ob bzw. wann derartige Flugzeuge die Serienreife erlangen. Mittelfristig halten wir allenfalls den Einsatz von elektrisch betriebenen Klein- und Kurzstreckenflugzeugen für realistisch.

Aufgrund der, im Vergleich zu Batterien, viel höheren Energiedichte flüssiger Treibstoffe werden herkömmliche, turbinengetriebene Flugzeuge auch in Zukunft die erste Wahl bleiben. Solange die für diese konventionellen Flugzeuge notwendigen Treibstoffe über die in Kapitel 2.4.3. genannten, CO₂-neutralen Methoden hergestellt werden, stellt dies auch kein Problem dar.

Für den internationalen zivilen Luftverkehr geht das Umweltbundesamt von einer jährlichen Effizienzsteigerung von 2% aus. Das ist das gesetzte Ziel der „International Civil Aviation Organization“ (Internationale Zivilluftfahrtorganisation). Wir rechnen deshalb mit einem Energiebedarf von 80 TWh für den Flugverkehr im Jahr 2050.

2.5 Behaglich wohnen mit wenig Energie

2.5.1 Möglichkeiten

Der Wohngebäudebestand in Deutschland besteht, nach der Größe der Wohnflächen betrachtet, zu etwa 40% aus Mehrfamilienhäusern und 60% aus Ein- und Zweifamilienhäusern [2.5.1.1, S.-55]⁴. Bestehende Energieeffizienzhäuser - das sind Häuser mit geringem Energiebedarf durch besondere Baukonstruktion und Dämmung - zeigen schon heute, wie sich die Energie in Wohnungen ohne fossile Energieträger bereitstellen lässt: Photovoltaik zur Stromer-

1 [2.4.3.3] www.powertogas.info

2 [2.4.3.4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Power-to-Gas>

3 [2.4.3.5] <http://www.spektrum.de/news/energiewende-mit-algen-zu-sauberer-energie/1352317>

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/integration_von_power_to_gaspower_to_liquid_in_den_laufenden_transitionsprozess_web_0.pdf

4 [2.5.1.1] <http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2015/th2015.pdf>

zeugung, die Solarthermie als Teil der Warmwasserversorgung und die Nutzung der oberflächennahen Geothermie durch Wärmepumpen für die Raumheizung oder auch zur Kühlung der Wohnräume. Eine gute Wärmedämmung und der Einsatz effizienter Haushaltsgeräte sowie von auf LED-Technologie basierender Beleuchtung sorgen zusätzlich für einen insgesamt geringeren Energiebedarf.

Private Haushalte in Deutschland standen 2014 für einen Energiebedarf von insgesamt 615 TWh. Das waren fast 26% des gesamten Endenergieeinsatzes in diesem Jahr ([1.01], Tab. 7a). Bezogen auf die Wohnfläche von 3,43 Mrd. m² im Jahr 2014 [2.5.1.2]¹, errechnet sich damit ein durchschnittlicher Energieeinsatz von 179 kWh pro m². Im Rahmen des „Modellvorhabens Effizienzhäuser“ wurden 63 Bestandsimmobilien energetisch saniert. Im Mittel ergab sich nach der Sanierung ein jährlicher Endenergiebedarf von nur noch 54 kWh pro m² [2.5.1.3]². Der Wert bei Neubauten liegt noch darunter. Es gibt sogar sogenannte „Plusenergiehäuser“, die mehr Energie erzeugen, als sie im Jahr benötigen. Für die Zukunft ist ein durchschnittlicher Energiebedarf von 50 kWh pro Jahr und m² sicherlich nicht zu optimistisch geschätzt. Auch unter Berücksichtigung der Erhöhung der Wohnfläche in Deutschland um 15%, ergibt sich für private Haushalte damit ein jährlicher Energiebedarf von nur 210 TWh; mit anderen Worten eine drastische Endenergieeinsparung von 66% ohne Verlust an Wohnkomfort.

2.5.2 Risiken und Nebenwirkungen

Die energetische Gebäudesanierung gilt seit mindestens 3 Legislaturperioden als eines der Hauptprojekte der aktuellen Energie- und Klimapolitik, ganz unabhängig davon, welche Parteien die Regierung stellen. Wie die o.g. Zahlen zeigen, kann damit tatsächlich jede Menge Energie eingespart werden.

Wir geben allerdings zu bedenken, dass diese Einsparungen mit Nebenwirkungen verbunden sind, die sie z.T. konterkarieren.

Vernünftiges Heizen, ein dichtes Dach und wärmeisolierende Fenster – dagegen lässt sich nichts einwenden. Wenn aber der gesetzliche Zwang zum Dämmen besteht und diesem Zwang vornehmlich mit dem massiven Einsatz von Styropor Genüge getan wird, muss die Frage nach der Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme gestellt werden. Erwiesenermaßen bringt eine Vollverdümmung der Außenwand, insbesondere bei Verwendung moderner Baumaterialien, vergleichsweise wenig. Bis zu 30 cm dicken Styroporplatten werden an die Wände geklebt, obwohl alle Schichtdicken größer 20 cm definitiv fast gar keinen weiteren Dämmeffekt mehr bringen. Allein die chemische Industrie und die Verkäufer des Dämmmaterials freut's.

Die Folgen der Verwendung von Styropor kommen mit dem Rückbau der ersten Dämmungen langsam ans Tageslicht. Reines Styropor an sich ist nicht problematisch. Da dieser Kunststoff jedoch in reiner Form sehr gut brennt, sind in den Platten für die Gebäudedämmung häufig giftige Flamschutzmittel enthalten. Das beliebteste der Vergangenheit ist Hexabromcyclododecan (HBCD). Halogenierten organischen Substanzen lastet ganz allgemein der Ruf an, wenig gesundheitsfördernd zu sein. HBCD in der Atemluft im Speziellen gilt inzwischen als embryoschädigend und wurde damit unlängst aufgrund einer entsprechenden EU-Verordnung vom Bundesrat als Sondermüll eingestuft. Das hatte weitreichende Folgen für die Bauindustrie. Die Entsorgungskosten für Styropormüll sind 2016 geradezu explodiert.

Aber auch die Dämmung selbst bringt negative Effekte. Häufig sieht man auf Fassaden relativ neuer Häuser Algenbefall. Viel schlimmer ist jedoch Schimmel in den Häusern infolge unzureichender Luftzirkulation durch allzu konsequente bzw. nicht fachgerecht ausgeführte Dämmung.

1 [2.5.1.2] <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe.did=476134.html>

2 [2.5.1.3] http://www.zukunftshaus.info/fileadmin/media/05_gesetze_verordnungen_studien/01_fachwissen_kompakt/02_studien/2013_03_Zusammenfassung_dena-Studie_Verbrauchsauswertung.pdf

Summa summarum: Mit der Gebäudedämmung verhält es sich wie mit der Anwendung von Medizin – die Dosis macht den Unterschied. Und in Deutschland wird gerade reichlich überdosiert.

2.6 Sparpotential von Wirtschaft und Verwaltung

Wir möchten an dieser Stelle nochmals klarstellen: Es geht uns ausschließlich um die Einsparung von fossiler Primärenergie. Die Einsparung von Primärenergie aus regenerativen Quellen ist völlig sinnfrei. Welche Maßnahmen der Energieeinsparung für ein Wirtschaftsunternehmen sinnvoll sind, entscheidet das Unternehmen selbst.

Die Bereiche Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) verbrauchten im Jahr 2015 zusammen 1.103 TWh. Das waren 44% des deutschen Endenergiebedarfs [2.6.1.1]¹. Am 14. Oktober 2012 sprach der damalige Bundesumweltminister Peter Altmaier in der ARD-Sendung Bericht aus Berlin von einem Energieeinsparpotential deutscher Industrieunternehmen von 30%. In der Studie „Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente“ der Fraunhofer-Gesellschaft [2.6.1.2]² wurden 200 Maßnahmen zur Energieeinsparung untersucht: Bei mehr als 90% der Einsparmaßnahmen würden den Unternehmen durch die eingesparten Energiekosten keine zusätzlichen Kosten entstehen. Es ließen sich oft sogar noch zusätzliche Gewinne erzielen. Die möglichen Maßnahmen würden jedoch häufig nicht umgesetzt, da die Unternehmer negative Auswirkungen auf die Produktionsabläufe und die Produktqualität befürchteten. Auch würde häufig gefordert, dass sich eine Investition zur Energieeinsparung in weniger als drei Jahren amortisiert, was jedoch oft nicht erreicht wird.

Auch die „Deutsche Energie-Agentur“ verweist 2013 auf hohe Energieeinsparpotentiale in Industrie und Gewerbe und zwar bei

- Beleuchtung 70%
- Druckluft 50%
- Pumpensysteme 30%
- Kälte- und Kühlwasseranlagen 30%
- Wärmeversorgung 30%
- Lüftungsanlagen 25% [1.3d].

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit schätzt aktuell das Energieeinsparpotential in den Bereichen Industrie und Gewerbe auf bis zu 40% [2.6.1.3]³. Folgende rechtlichen Vorgaben und Förderprogramme helfen und helfen Unternehmen, Effizienzpotentiale zu erschließen:

- Ökodesign-Richtlinie,
- Förderprogramme der Klimaschutz-Initiative des Bundesumweltministeriums,
- ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm der KfW-Bank

1 [2.6.1.1] <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe.did=476134.html>

2 [2.6.1.2] <http://www.forum-csr.net/News/7269/GroeEinsparpotenzialeinenergieintensivenBranchen.html>

3 [2.6.1.3] <http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/energieeffizienz/kurzinfo/>

Darüber hinaus gibt es immer wieder verschiedene Informationskampagnen zum Thema Energieeffizienz. Die Einführung von Energiemanagementsystemen (zum Beispiel gemäß DIN EN ISO 50001) ermöglichen es in nahezu allen Anwendungsfällen, insbesondere jedoch in Unternehmen, wirtschaftliche Effizienzpotenziale zu erkennen und zu erschließen [2.6.1.4]¹.

2.6.1 Energieeinsparungen durch Verlängerung der Lebensdauer von Verbrauchsgütern

Strukturelle wirtschaftliche Veränderungen, die mit möglichen Energieeinsparungen oder aber auch zusätzlichem Energiebedarf durch Einsatz neuer Technologien einhergehen, sind über einen längeren Zeitraum nur sehr schwer zu prognostizieren. Es lässt sich aber sagen, dass ein Umdenken hin zu möglichst langlebigen Verbrauchsgütern zu einem geringeren Energieeinsatz im Lebenszyklus eines Produkts führen wird. Langlebige Verbrauchsgüter stehen jedoch potentiell im Widerspruch zum Ziel eines marktwirtschaftlich organisierten Unternehmens, der kurzfristigen Gewinnmaximierung. Man konstruiert Produkte deshalb i.allg. so, dass sie nur eine bestimmte Lebensdauer haben. Nach Ablauf dieser, vom Hersteller oft selbst definierten Lebensdauer wird Ersatz, also ein Neukauf des Produktes fällig. Reparatur lohnt nur selten, weil viele Produkte gleichzeitig so konstruiert sind, dass sie nicht oder nur schwer reparabel sind. Eine Reparatur ist, wenn überhaupt möglich, für den Verbraucher nicht wirtschaftlich. Man bezeichnet das als geplante Obsoleszenz [2.6.1.5]². In seinem Tagungsband zur Jahrestagung 2015 erwartet der "Forschungsverbund Erneuerbare Energien" ein Energieeinsparpotential von nur 14% des gesamten Endenergiebedarfs der Sektoren Industrie und GHD. Wir sind optimistischer, da in Industrieunternehmen auch ein erhebliches Einsparpotential durch die Optimierung von Produktionsabläufen besteht. Für die weiteren Abschätzungen gehen wir daher von einer Reduzierung des Endenergiebezugs im Bereich Wirtschaft und Verwaltung in Höhe von 30% aus, was einem zukünftigen Verbrauch von 772 TWh entspricht.

2.7 Der Endenergiebedarf 2050

Abschließend unsere Abschätzung des zukünftigen Endenergiebedarfs in den verschiedenen Wirtschaftssektoren in einer Übersicht:

Energiesektor	Geschätzter Bedarf für 2050 [TWh]
Landgebundener Verkehr	250
Schiffsverkehr	260
Flugverkehr	80
Private Haushalte	210
Wirtschaft und Verwaltung	772
Summe	1.572

Tabelle 2.6: Geschätzter Endenergiebedarf 2050 nach Wirtschaftssektoren

¹ [2.6.1.4] <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparen-in-industrie-gewerbe>

² [2.6.1.5] https://de.wikipedia.org/wiki/Geplante_Obsoleszenz

Zusammen ergibt sich also für Deutschland ein Endenergiebedarf von 1.572 TWh. 2015 waren es lt. Veröffentlichung des BMWi [\[1.0.1\]](#) noch 2.468 TWh.

Neben dem Primärenergiebedarf sinkt also auch der Bedarf an Endenergie. Das hängt vor allem mit dem zukünftig weit höheren Stromanteil an der Endenergie zusammen. Mit Strom betriebene Fahrzeuge, Geräte und Anlagen haben einfach einen sehr viel höheren Wirkungsgrad als ihre mit fossilen Treibstoffen angetriebenen Verwandten.

Literaturverzeichnis Kapitel 2

[2.2.1]	https://www.youtube.com/watch?v=8Lz_qPvKCsg
[2.3.1]	http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/nape-mehr-aus-energie-machen.html
	http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz/nape.html
[2.3.2.2]	https://www.gruenbuch-energieeffizienz.de/fileadmin/redaktion/Energieeffizienz/bmwi_bro_gruenbuch_energieeffizienz_web_bf.pdf
[2.3.2.3]	https://energiepolitik.piratenpartei.de/2016/11/22/stellungnahme-der-ag-energiepolitik-der-piratenpartei-deutschland-zum-gruenbuch-energieeffizienz-des-bundesministeriums-fuer-wirtschaft-und-energie/
[2.4.1.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Oberleitungsbus
[2.4.1.2]	http://www.sileo-ebus.com/
[2.4.1.3]	http://www.elektroauto-news.net/wiki/elektroauto-vergleich
[2.4.2.1]	http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/e-autos-der-post-pakete-ganz-sauber-geliefert-1.3132576
[2.4.2.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Elektro-Nutzfahrzeugen_und_Elektro-Nutzfahrzeug-Prototypen
[2.4.2.3]	https://www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/treibhausgasneutraler-gueterverkehr-ist-noetig
[2.4.2.4]	http://www.bmwarchiv.de/artikel/2009-03-12-bmw-wasserstoffmotor-erreicht-spitzenwirkungsgrad.html
[2.4.3.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Flettner-Rotor
[2.4.3.2]	http://www.spektrum.de/news/energiewende-mit-algen-zu-sauberer-energie/1352317
[2.4.3.3]	www.powertogas.info
	http://www.etogas.com/
	http://www.sunfire.de/en
	https://www.fona.de/de/20506
[2.4.3.4]	https://de.wikipedia.org/wiki/Power-to-Gas
[2.4.3.5]	http://www.spektrum.de/news/energiewende-mit-algen-zu-sauberer-energie/1352317 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/integration_von_power_to_gaspower_to_liquid_in_den_laufenden_transformationsprozess_web_0.pdf
[2.5.1.1]	http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2015/th2015.pdf
[2.5.1.2]	http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe,did=476134.html
[2.5.1.3]	http://www.zukunftshaus.info/fileadmin/media/05_gesetze_verordnungen_studien/01_fachwissen_kompakt/02_studien/2013_03_Zusammenfassung_dena-Studie_Verbrauchauswertung.pdf

[2.6.1.1]	http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe,did=476134.html
[2.6.1.2]	http://www.forum-csr.net/News/7269/GroeEinsparpotenzialeinenergieintensivenBranchen.html
[2.6.1.3]	http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/energieeffizienz/kurzinfo/
[2.6.1.4]	http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparen-in-industrie-gewerbe
[2.6.1.5]	https://de.wikipedia.org/wiki/Geplante_Osoleszenz

3. Die Welt einer nachhaltigen Energieversorgung

Die Sonne wärmt dunkle Dächer und spiegelt sich schwach in glänzenden Fassaden. Die Rotoren der Windkraftanlagen drehen sich behäbig im lauen Wind. Auf den Dächern von Wohnhäusern, öffentlichen Gebäuden und Industriegebäuden sind Solarthermie- und Photovoltaikmodule montiert oder es wurden Solardachziegel verwendet [3.2.1]¹ [3.2.2]² [3.2.3]³. Große Häuserwände sind mit stromerzeugenden Folien überzogen. Wohnquartiere und Wohnsiedlungen werden über gemeinschaftliche Strom- und Wärmespeicher versorgt, einige erzeugen sogar Stromüberschüsse, die in das öffentliche Netz eingespeist werden [3.2.4]⁴. Die Wärme wird lokal durch Solarthermie, Biomassenutzung, in einigen Regionen auch durch Tiefen-Geothermie erzeugt. Die Abwasser- und Überschusswärme von Industrieunternehmen wird ebenso genutzt wie überschüssiger erneuerbarer Strom im "Power to Gas"-Verfahren. Nah- und Fernwärmenetze leiten die mit erneuerbaren Technologien erzeugte Wärme zu Verbrauchern oder in Wärmespeicher [3.2.5]⁵.

Lokale Stromerzeugung und lokaler Stromverbrauch gleichen sich weitgehend über die niederspannigen Verteilnetze aus. Batteriespeicher dienen zur Netzstabilisierung und zum Ausgleich von Erzeugungs- und Lastspitzen. Infrastrukturstromspeicher als Teil der Batteriespeicher sichern bei einer Netzstörung die Stromversorgung von lokalen technischen Anlagen der öffentlichen Versorgung. Regionale Netze sind über die Mittelspannungsebene miteinander verbunden und ergänzen ihren Stromhaushalt gegenseitig oder werden von saisonalen Stromspeichern unterstützt. Der Strom aus offshore Windparks und großen onshore Windparks wird regional verbraucht oder über das Hochspannungsnetz zu anderen Regionen geleitet. Überschüssiger, auf dieser Ebene erzeugter Strom landet zur weiteren Verwendung in großen Infrastrukturspeichern.

Last but not least: Die Schornsteine des ehemaligen Wärmekraftwerkes grüßen aus der Ferne, ohne Rauch auszustoßen, in Erwartung ihres endgültigen Rückbaus.

Eine Vision? Ja – das ist unser Traum von einer Zukunft mit nachhaltiger Energieversorgung. Die meisten positiven Träume haben die unangenehme Eigenschaft, nicht automatisch wahr zu werden. Man muss etwas dafür tun, **wir** müssen etwas dafür tun. Jeder Einzelne ist in der Pflicht, seinen Beitrag zur Energiewende zu leisten, wenn sie ohne massive Nebenwirkungen vonstatten gehen soll. Am Anfang steht das persönliche Umdenken; hier nicht unbedingt verbunden mit der Erkenntnis, zukünftig auf Energie verzichten zu müssen, sondern eher mit dem Zweifel an allorts verkündeten „Wahrheiten“. Manche dieser „Wahrheiten“ halten schon simplen Prüfungen nicht stand – einfach mal persönlich miteinander reden, einfach mal alternative Quellen im Internet anzapfen oder mehrere „offizielle Quellen“ vergleichen, um Widersprüche aufzudecken.

3.1 Wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen

Die Energieversorgung ist ein mächtiger Wirtschaftszweig. Die Versorgung mit Mineralölprodukten liegt weltweit in den Händen einiger weniger großer Konzerne. Die großen Marken begegnen uns auf jeder Autofahrt, an jeder Tankstelle. Gleiches gilt für die Versorgung mit Elektroenergie, mit dem Unterschied, dass sich die Monopolbildung häufig (noch) auf die Nationalstaaten beschränkt.

1 [3.2.1] <https://www.youtube.com/watch?v=4sfwDyiPTdU>

2 [3.2.2] <https://electrek.co/2016/11/17/tesla-solar-roof-cost-less-than-regular-roof-even-before-energy-production-elon-musk/?pushup=1>

3 [3.2.3] <http://www.photovoltaiksolarstrom.de/photovoltaiklexikon/dachintegrierte-photovoltaik>

4 [3.2.4] <http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/plusenergiesiedlung-ludmilla-wohnpark-landshut/>

5 [3.2.5] https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/energie/150310_HHI-Studie-Fernwaerme.pdf

Das System ist gut etabliert und funktioniert aus Sicht seiner Betreiber seit Jahrzehnten nahezu perfekt. Es spült riesige Gewinne in die Kassen der beteiligten Unternehmen. Und ist Gewinnerzielung in der heutigen Zeit nicht die einzige Maxime, die wirklich zählt? Also warum daran etwas ändern? Noch dazu, wie nicht nur von uns gefordert, binnen weniger Jahre.

Man muss sich darüber im Klaren sein, dass die neue Welt der erneuerbaren Energieversorgung das eingefahrene System zu Fall bringen wird. Die Gewinne der Konzerne werden dramatisch einbrechen. Sie verlieren definitiv ihre Quasi-Monopolstellung und werden bestenfalls Big Player am Markt bleiben, wenn sie es langfristig schaffen, sich mit den neuen Gegebenheiten zu arrangieren. Diese Entwicklung ist bei einem Anteil der Erneuerbaren von 30% in 2015 schon in vollem Gange.

Kurzfristig reagieren RWE, Eon, EnBW und Vattenfall mit massivem Widerstand, um das alte, für sie äußerst lukrative System möglichst lange am Leben zu erhalten, wohl wissend, dass es schlussendlich nicht zu retten ist. Aber bis zum endgültigen Aus lässt sich noch der eine oder andere Euro verdienen, insbesondere dann, wenn die Politik nicht als Regulativ im Sinne des Fortschritts und des Gemeinwohls, sondern der Konzerne agiert.

Die Hauptrückzugslinie der Konzerne ist die Erhaltung des Systems einer zentralen Energieversorgung. Daher lautet eine Kernfrage der Energiewende, nicht nur für Deutschland, sondern weltweit, wie man dezentrale Versorgungsstrukturen möglichst schnell in größerem Umfang etablieren kann.

Der Umbau des bisherigen Systems der fossilen Energieerzeugung hin zu einer Versorgung mit EE unterliegt einem umfassenden Strukturwandel. Ganze Wertschöpfungsketten werden verschwinden, neue entstehen. Das ist natürlich eine riesige Chance für viele kleinere Gewerbe- und Industriebetriebe. Für die neue Energieversorgung wird eine völlig andere Infrastruktur gebraucht. Die elektrischen Installationen der Häuser und Quartiere müssen an die neuen Bedingungen angepasst werden. Speicher für unterschiedliche Energiearten müssen entwickelt und hergestellt werden. Die Netze, beginnend mit der Niederspannung 230/400 V, bedürfen der Weiterentwicklung und Anpassung an die neue Situation. Nicht zuletzt müssen die Anlagen, welche EE erzeugen, produziert und installiert werden.

All diese Prozesse haben bereits begonnen, könnten aber zur Unterstützung deutlich mehr politischen Rückenwind gebrauchen. Notwendig wäre u.a. die Schaffung zeitgemäßer gesetzlicher Rahmenbedingungen, die beschleunigend wirken. Aktuell haben wir eher den Eindruck, die Politik tritt als Erfüllungsgehilfe der Energiekonzerne wieder verstärkt auf die Bremse, wobei das von der sogenannten Arbeiterpartei, der SPD, geführte Wirtschaftsministerium eine besonders herausragende, unrühmliche Rolle spielt.

Welche technischen Möglichkeiten wir schon heute zur Umsetzung unserer Vision haben, werden wir hier und in den folgenden Kapiteln zeigen.

3.2 Wärme und Strom in der Zukunft

Die Energieversorgung der Zukunft beruht auf der Nutzung von erneuerbar erzeugter Wärme und Strom. Insbesondere durch einen strombasierten Verkehr wird sich der Strombedarf deutlich erhöhen. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland nur 21% der Endenergie als Strom verbraucht, dagegen die Hälfte in Form von Wärme. [\[1.01\]](#) Tab. 6 und 7 Wie wird dieses Verhältnis in der Zukunft sein? Schauen wir uns dazu zunächst die aktuelle Situation grafisch an:

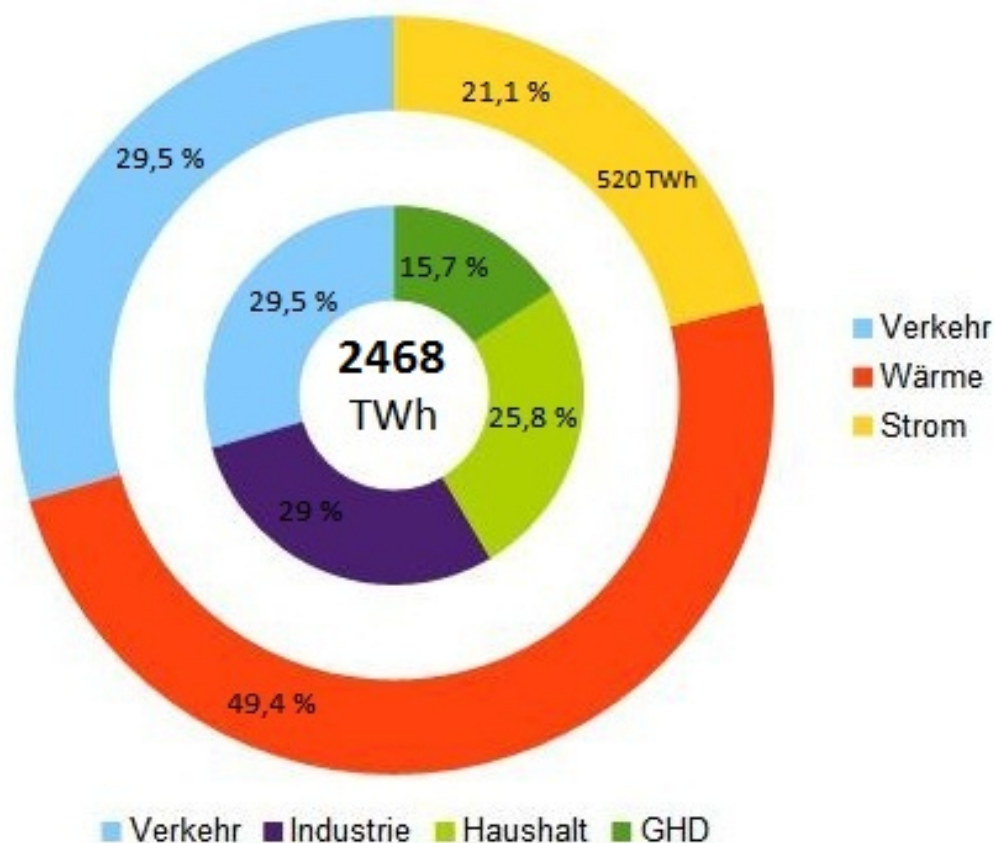


Abbildung 3.1: Energiebedarf nach Energieformen und Wirtschaftsbereichen (2015)

Der gesamte Endenergiebedarf – Wärme, Strom und sonstige Energie- betrug 2015 2.468 TWh. Wir werden zukünftig EE in zwei Formen direkt gewinnen; als elektrische und als Wärmeenergie. Der Verkehrsbereich soll vollständig auf Elektromobilität umgestellt werden. Der größte Teil des Wärmenergiebedarfs wird als Wärmeenergie gewonnen, genutzt und gegebenenfalls gespeichert. Ein Teil des heutigen Wärmenergiebedarfs wird aus elektrischer Energie gewonnen.

Für den Landverkehr in Deutschland wurde in Kapitel 2.2 der Strombedarf auf 250 TWh und auf 340 TWh für den Anteil am internationalen See- und Flugverkehr abgeschätzt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Anteil von flüssigen Kraftstoffen für sonstige Kraftfahrzeuge (Spezialmaschinen) und den Flug- und Schiffsverkehr durch Strom im „Power to Liquid“-Verfahren bzw. aus organischen Material hergestellt wird. Der nutzbare Wärmeanteil ist hier sehr gering und wird in der Gesamtbetrachtung vernachlässigt.

Im Kapitel 2.3 wurde der zukünftige jährliche Energiebedarf für private Haushalte zu 210 TWh geschätzt. Legt man wie das Bundesumweltamt einen Wärmeanteil von 53,8% zugrunde [3.3.2]¹, errechnet sich daraus ein Stromanteil von 97 TWh und ein Wärmeanteil von 113 TWh.

1 [3.3.2] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf

In der Industrie werden heute nach Angaben des Umweltbundesamtes ungefähr 2/3 der Energie allein für Prozesswärme gebraucht [3.3.3]¹. Im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen betrug der Anteil für Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme und -kälte insgesamt 72% am Endenergieeinsatz [3.3.4]². Bei etwa einem Drittel des Wärmebedarfs liegt die erforderliche Temperatur unter 100 °C. In Zukunft kann aber ein deutlich höherer Wärmeanteil als heute mit erneuerbaren Energien abgedeckt werden. Ein Teil der Prozesswärme, die für technische Prozesse wie zum Beispiel das Schmelzen und Schmieden benötigt wird, muss aber auch zukünftig mit Hilfe von Strom erzeugt werden. Für die weiteren Abschätzungen gehen wir auch aufgrund eines hohen Wärmeeinsparungspotentials für den Bereich Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen von einem Wärmeanteil von nur noch 50% des gesamten Energieeinsatzes aus.

Sektor	Strom [TWh]	Wärme [TWh]	Organischer Treibstoff [TWh]
Landverkehr	250	0	0
Anteil am internationalen Verkehr	233	0	107
Private Haushalte	97	113	0
Wirtschaft und Verwaltung	386	386	0
Summe	966	499	107

Tabelle 3.7: Jährlicher direkter Bedarf an Strom und Wärme in der nachhaltigen Zukunft

Wind und Sonneneinstrahlung stehen nicht gleichmäßig zur Verfügung und schwanken im Tages-, aber auch im Jahresverlauf in ihrer Intensität. Auf der anderen Seite besteht beim Energiebedarf ein sich im Tagesverlauf, aber auch jahreszeitlich ändernder Bedarf. Im Winter wird mehr Wärme zum Heizen benötigt und während der Urlaubsreisezeit und zu Festtagen wird der Strombedarf im Verkehr ansteigen. Das Angebot und die Nachfrage von Strom und Wärme verändern sich also unabhängig voneinander und beide müssen daher zwischengespeichert werden. Die hierbei entstehenden "Verluste" werden in den nächsten Kapiteln abgeschätzt.

3.3 Wärmespeicher

3.3.1 Kurzzeitspeicher

Jeder Besitzer einer Solarthermieranlage hat einen Wärmespeicher, in dem die von der Sonne gelieferte Wärme zunächst gespeichert wird. Je nach Auslegung nehmen derartige Speicher den Bedarf für mehrere Tage auf. Die Speicher nutzen in der Regel Wasser, das sich in gut isolierten Behältern befindet. Warmes Brauchwasser, z.B. für die Dusche, kann direkt aus dem Speicher entnommen werden. Die entsprechende Technologie ist inzwischen ausgereift und in vielen Häusern eingebaut.

Für eine komplette Umstellung der Wärmeerzeugung auf Solarenergie sind Kurzzeitspeicher jedoch nicht ausreichend. Es werden Wärmespeicher benötigt, die in der Lage sind, die von der Sonne abgezapfte Energie über einen längeren Zeitraum vorzuhalten.

.

1 [3.3.3] <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren>

2 [3.3.4] <http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2015/th2015.pdf>

3.3.2 Saisonale Wärmespeicher

Saisonale Wärmespeicher verwenden je nach Bauart entweder Wasser, eine Kies-Wasser- oder eine Erdreich-Wasser-Mischung bzw. direkt den gegebenen Untergrund, um Wärme saisonal zu speichern. Bei Wärmebedarf gibt das Speichermedium durch Wärmeübertragung die Wärme an kälteres, den Speicher durchströmendes Wasser ab, bis der Speicher nur noch 3 bis 5 °C wärmer ist als das zu erwärmende Wasser. [3.7.1]¹

Saisonale Wärmespeicher können in unterschiedlicher Form realisiert werden. "Erdbecken-Wärmespeicher bestehen aus einem großen, abgeschlossenen und (teil-) gedämmten Erdbecken, das mit verschiedenen Speichermedien gefüllt sein kann. Mittels Brunnen oder Rohrleitungen wird Wärme in den Speicher direkt oder indirekt eingespeist und bei Bedarf wieder entnommen. In der nordrhein-westfälischen Stadt Steinfurt deckt seit 1998 eine Wohnsiedlung 36% ihres jährlichen Wärmebedarfs über einen Kies-Wasser-Erdbecken-Wärmespeicher mit einem Speichervolumen von 1500 m³. Die Speicherwärme wird durch Solarthermiemodule auf den Dächern der Wohnhäuser erzeugt [3.7.2]². Seit dem Jahr 2008 sind in Eggenstein-Leopoldshafen (Baden-Württemberg) ein Schul- und Sportzentrum sowie die örtliche Feuerwehr an ein zentrales, solar unterstütztes Nahwärmenetz angeschlossen. Mit 1.600 m² Kollektorfläche wird ein Kies-Wasser-Wärmespeicher erwärmt. Die gespeicherte Wärme gelangt bei Bedarf über eine Wärmepumpe in die Gebäude [3.7.3]³.

Erdsonden-Wärmespeicher nutzen das Gestein im Untergrund zur Wärmespeicherung. In vertikal oder schräg verlaufende Bohrungen werden wasserdurchflossene Erdwärmesonden bis zu 100 m tief ins Erdreich eingeführt. Durch diese Erdwärmesonden wird das erhitzte Wasser in den Untergrund geleitet und erwärmt dort das Gestein. Wenn Wärmebedarf besteht, wird über dieselben Erdwärmesonden die gespeicherte Wärme dem Gestein wieder entzogen und dem nutzenden System zugeführt. Zusätzlich zur aktiven Einspeicherung von Wärme, wird durch Erdsonden-Wärmespeicher dem Untergrund bei Bedarf auch die natürliche geothermische Erdwärme entzogen und nutzbar gemacht" [3.7.4]⁴. Bereits Ende 2004 versorgte ein Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm (Baden-Württemberg) eine Grundschule mit Sporthalle, ein Einkaufszentrum und rund 270 Wohnungen mit Wärme. Die Siedlung verfügt über rund 7000 m² Kollektorfläche, die knapp 40% Anteil der Wärmeversorgung abdecken. [3.7.5]⁵

Die sogenannten "Aquifer-Wärmespeicher" basieren auf natürlichen, abgeschlossenen Grundwasserreservoirs. Durch einen „kalten“ Brunnen wird Wasser aus dem Speicher hoch gepumpt und erwärmt. Dann wird das erwärmte Wasser über eine andere Brunnenbohrung, den „warmen“ Brunnen wieder in den Untergrund eingeleitet. bei Wärmebedarf wird warmes Wasser aus dem Speicher entnommen und die Wärme wird über Wärmeübertrager in den Verbraucherkreislauf übertragen [3.7.6]⁶. In Rostock-Brinckmannshöhe wurde bereits 1999 eine solare Nahwärmeversorgung in Kombination mit einem saisonalen 20.000 m³ Aquifer-Wärmespeicher errichtet und versorgte Mehrfamiliengebäude mit insgesamt 108 Wohneinheiten [3.7.7]⁷. In einem neuen Forschungsprojekt soll nun ein standortunabhängiges Auslegungskonzeptes für die Planung verlässlicher und effizienter thermischer Aquiferspeicher entwickelt werden [3.7.7.8]⁸.

Bei der Nutzung der obigen Speichertechnologien müssen natürlich die örtlichen geologischen Gegebenheiten berücksichtigt werden.

1 [3.7.1] <http://www.saisonalspeicher.de/Grundlagen/Funktionsprinzip/tabid/67/Default.aspx>

2 [3.7.2] <http://www.saisonalspeicher.de/Projekte/ProjekteinDeutschland/Eggenstein/tabid/406/language/de-DE/Default.aspx>

3 [3.7.3]

4 [3.7.4] <http://www.saisonalspeicher.de/Speichertypen/Erdsonden/tabid/75/Default.aspx>

5 [3.7.5] <http://www.werkstatt-stadt.de/de/projekte/177/>

6 [3.7.6] <http://www.saisonalspeicher.de/Speichertypen/Aquifer/tabid/74/Default.aspx>

7 [3.7.7] <http://www.saisonalspeicher.de/Projekte/ProjekteinDeutschland/Rostock/tabid/422/language/de-DE/Default.aspx>

8 [3.7.7.8] http://forschung-energiespeicher.info/projektschau/gesamtlste/projekt-einzelsicht/95/Saisonale_Waermespeicherung_in_Aquiferen/

Bereits vor mehr als einem Jahrzehnt wurden also verschiedene Wärmespeicherkonzepte entwickelt und in Pilotprojekten erfolgreich realisiert, mit denen durch erneuerbare Energien ein Großteil des jährlichen Wärmebedarfs gedeckt werden könnte!

3.3.3 Verluste bei der Wärmeleitung und Speicherung

Auch gut isolierte Speicher haben eine Selbstentladung. Das System der Leitungen und Röhren strahlt ebenfalls Wärme ab. Die Fraunhofer Gesellschaft ISE geht bei Wärmespeichern von einem Wirkungsgrad von 90% aus [3.4.1, S. 72]¹. Die Studie [3.4.2]² untersucht den zeitlichen Verlauf des Wärmeverlustes in Speichern und kommt zu dem nicht weiter erstaunlichen Ergebnis, dass die Wärmeverluste um so größer sind, je weiter man sich vom Zeitpunkt der 100igen Befüllung des Speichers zeitlich entfernt. Auch die Temperaturdifferenz zwischen dem Speicherinneren und der Umgebung spielt eine Rolle.

Wir gehen deshalb von einem Verlust bei der Wärmeleitung und längerfristigen, sprich saisonalen Wärmespeicherung von etwa 30% aus. Somit ergibt sich bei einem Netto-Wärmebedarf von 500 TWh ein Gesamtbedarf von 650 TWh (siehe Tab.3.1.a).

3.4 Batteriespeicher

Batteriespeicher sind universell einsetzbare Speicher für unterschiedliche Zwecke. Für Batteriespeicher sind eine Fülle von unterschiedlichen Technologien verfügbar bzw. in der Entwicklung. Einen Überblick über die verschiedenen Speichertechnologien findet man in Wikipedia. [3.5.1]³

Aktuell sind Lithium-Ionen-Batterien die bevorzugte Technologie. Eine mögliche Alternative hierzu sind Graphenbatterien [3.5.2]⁴. und Superkondensatoren [3.5.3]⁵. Letztere bieten eine höhere Speicherkapazität, lassen sich schneller laden und benötigen keine seltenen Rohstoffe. Allerdings haben sie ihre Marktreife noch nicht bewiesen.

Eine weitere Möglichkeit der Batteriespeicher sind die Redox-Flow Batterien. [3.5.4]⁶ Diese bieten auf Grund ihrer Konstruktion eine hohe Skalierbarkeit bei Leistung und Speichergröße. Aktuell basieren diese auf Vanadium als Elektrolyt. Jedoch gibt es auch Forschungsberichte über die Nutzung von Chinonen und Polymeren in Redox-Flow-Batterien. Ihre Energiedichte ist allerdings geringer als bei anderen Batteriesystemen. Die Entwicklung dieser Speicher steht erst am Anfang. Für die auf Polymeren basierende Redox-Flow-Batterie wie sie an der UNI Jena entwickelt wird ist keine Rohstoffknappheit zu erwarten [3.5.5]⁷. Diese haben aber zur Zeit noch keine Marktreife.

Der sich abzeichnende Bedarf an Batteriespeichern, besonders für die Elektromobilität hat die Entwicklung vorangetrieben. Batteriespeicher können z.B. im

- Verkehrsbereich,
- privaten Haushalt,
- Industrie und Verwaltung und als
- Infrastrukturspeicher

eingesetzt werden.

1 [3.4.1] <http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/plusenergiesiedlung-ludmilla-wohnpark-landshut/>
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien-und-positionspapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland>

2 [3.4.2] <http://ritter-xl-solar.com/uploads/media/Wie-gross-duerfen-Solarspeicher-sein-HZJ4-5-09.pdf>

3 [3.5.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Akkumulator>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Redox-Flow-Batterie>

4 [3.5.2] <http://energyload.eu/stromspeicher/grabat-energy-wunderbatterie-graphen/>

5 [3.5.3] <http://m.dw.com/de/vergesst-akkus-die-zukunft-geh%C3%B6rt-den-superkondensatoren/a-36524174>

6 [3.5.4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Redox-Flow-Batterie>

7 [3.5.5] https://www.uni-jena.de/Forschungsmeldungen/FM151021_Batterie.html

Bei modernen stationären Akkus, die z.B. in Kombination mit Photovoltaikanlagen zu finden sind, entstehen dabei Verluste von ca. 10%.

Im Verkehrsbereich treten, bedingt durch den Stromverbrauch notwendiger Zusatzgeräte, Verluste von ca. 20% auf [3.5.6, S. 72]¹. Stationäre Speicher in Industrie und Verwaltung sind ähnlich zu bewerten wie Speicher für private Haushalte. Die Anforderungen an die Kapazität und den Lastgang sind jedoch andere. Unter Lastgang verstehen wir den zeitlichen Verlauf der abgenommenen Leistung, in unserem Fall elektrische Leistung, über eine zeitliche Periode.

3.4.1 Stromspeicher im Bereich Mobilität

Mit den Zulassungszahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes vom 01. Januar 2016 für PKW, Krafträder, Busse, Nutzfahrzeuge und sonstige KFZ (z.B. Traktoren oder Baumaschinen) bzw. vom 01. Januar 2015 für die verschiedenen LKW-Klassen [1.0.1, Tabelle 6a] kann man das für alltagstaugliche Fahrzeugreichweiten notwendige Fahrzeugspeichergesamtvolumen zu ca. 6,5 TWh abschätzen.[3.5.6] Fahrzeuge wie Busse, Bahnen auch spezielle LKWs welche die Oberleitungstechnologie nutzen benötigen keine Stromspeicher zum Fahren und werden deshalb hier nicht behandelt.

Als Fahrzeugbatterien bieten sich aus heutiger Sicht nur Lithium-Ionen-Akkus aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Energiedichte an. Insbesondere nehmen sie in diesem Anwendungsfeld immer noch die führende Position ein, weil jüngere Forschungsergebnisse vermuten lassen, dass sich die Speicherkapazitäten noch deutlich steigern lassen [3.5.7]². Eine Zukunftsalternative zu den Lithium-Ionen-Akkus sind Graphenbatterien und Superkondensatoren.

Jedoch gibt es auch Forschungsansätze für die mobile Nutzung von Redox-Flow Technologien. Diese haben zwar heute noch eine deutlich geringere Energiedichte, aber dafür lässt sich das Laden ähnlich einfach wie das Tanken von Benzin gestalten.

Der Anteil des elektrischen Schienenverkehrs am Energiebedarf des Verkehrssektors ist mit 1,6% im Jahr 2014 noch sehr gering [1.0.1, Tabelle 6a]. Insbesondere im Bereich der Transporte mit 40-Tonnen-Sattelzügen verbrauchen Bahn und Schiff weniger als die Hälfte der Energie. Es ist deshalb dringend geboten, diesen Transportzweig auszubauen [3.5.8]³. Gütertransporte müssen von der Straße auf die umweltschonende Schiene - gegebenenfalls auch auf das Schiff verlagert werden. Gütertransporte müssen koordiniert werden um unsinnige Transporte zu vermeiden und Transportwege zu verkürzen.

Bei den verwendeten Batterien gehen wir von einem Lade-/Entladeverlust von 10% aus. Für Zusatzaggregate rechnen wir mit einem Bedarf von weiteren 10% [3.3.2.3]. Damit ergibt sich insgesamt ein Zusatzbedarf von 50 TWh und für die Erbringung der jährlichen Fahrleistung ein Gesamtbedarf von 300 TWh.

3.4.2 Stromspeicher im Bereich der privaten Haushalte

Im Jahr 2015 verbrauchten die privaten Haushalte 132 TWh ([1.0.1], Tab 6a). Zukünftig werden sie pro Jahr etwa 97 TWh Strom verbrauchen (vgl. Tabelle 3.6). Das entspricht einem durchschnittlichen Tagesverbrauch 0,27 TWh. Legt man die Größe des Haushalts- oder Quartierspeichers auf einen durchschnittlichen 5-Tagesverbrauch aus, so berechnet sich die Gesamtspeichermenge auf 1,3 TWh. Ob private Haushalte ihre elektrischen Kraftfahrzeuge mit selbsterzeugtem Strom laden wollen, hängt von der Verfügbarkeit der Stromtankstellen ab. Einkaufszentren, Autohäuser, Raststätten oder die eigene Arbeitsstätte werden Ladestrom oft kostenlos anbieten. Bei Fernfahrten ist ein Tanken im eigenen Haushalt sowieso nicht möglich.

1 [3.5.6] <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien-und-positionspapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland>

2 [3.5.7] <https://www.aku.net/magazin/lithium-ionen-aku-zehn-spannende-fakten-zur-herstellung-des-energiespeichers/>

3 [3.5.8] <http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/binnenschiffe>

Im Jahr 2015 wurden im motorisierten Individualverkehr 939 Mrd. km zurückgelegt [1.0.1, Tabelle 1]. Legt man einen durchschnittlichen Verbrauch von 15 kWh pro 100 km zugrunde, so entspricht dies einem Jahresverbrauch 140 TWh bzw. durchschnittlich 0,4 TWh pro Tag. Soll der Haus- oder Quartierspeicher auch hier einen 5-Tagesverbrauch abdecken können, so erhöht sich die gesamte Speichergröße um 2 TWh auf insgesamt 3,3 TWh. Bei 40,2 Millionen Haushalten wäre das eine Speichergröße von 82 kWh pro Haushalt. Der Fahrzeugspeicher kann aber den eigenen Haushaltsstromspeicher ergänzen. Das primäre Ziel ist die eigene Nutzung des selbst erzeugten Stromes, ganz gleich ob zum Fahren oder im eigenen Haushalt.

Die heute angebotenen Haushaltsstromspeicher sind in aller Regel Stromspeicher mit Lithium-Ionen-Technologie. Im Gegensatz zu Fahrzeugspeichern können aber in privaten Haushalten oder bei Quartierspeichern auch andere Speichertechnologien wie Redox-Flow-Batterien werden.-

3.4.3 Stromspeicher im Bereich Industrie und Verwaltung

Für den Bereich Industrie und Verwaltung wird der zukünftige Jahresstromverbrauch inklusive der Verluste auf 386 TWh geschätzt. Geht man für die Speichergröße auch hier von einem 5-Tagesverbrauch als Zielgröße aus, ergibt sich ein Speichervolumen von ca. 5,3 TWh. Hinzu kommen noch Speicher für das Laden der gewerbsmäßigen Fahrzeug-Flotten und des schienengebundenen Personen- und Güterverkehrs. Wir gehen davon aus, dass für 50% des Strombedarfs Speicher angelegt werden. Dies sind 125 TWh. Der durchschnittliche Tagesverbrauch beträgt dann ca. 0,35 TWh. Legt man als Speicherbedarf einen durchschnittlichen 5-Tagesverbrauch zugrunde, erhöht sich der Speicherbedarf im Bereich Industrie und Verwaltung um 1,75 auf insgesamt 7,05 TWh.

3.4.4 Stromspeicher im Bereich Infrastruktur

Wir haben in unseren bisherigen Ausführungen den Begriff Infrastrukturspeicher eingeführt. Aber was ist das eigentlich? Infrastrukturspeicher sind, wie der Name erahnen lässt, Bestandteil der öffentlichen Infrastruktur. Es handelt sich um Batteriespeicher, die elektrische Energie im Megawattstundenbereich speichern können.

Solche Speicher haben gleich mehrere Aufgaben.

Im Fall einer zentralen Störung der Stromversorgung sichern sie die Versorgung wichtiger Verbraucher z.B. im Bereich der Wasser- und Gasversorgung oder Einrichtungen der Telekommunikation für einen begrenzten Zeitraum.

Im Fall eines ungestörten Betriebes entlasten sie die übergeordneten Netze. EE die z.B. durch Photovoltaik Anlagen an sonnenreichen Tagen nicht verbraucht werden kann wird in einem Infrastrukturspeicher zwischengespeichert. Nachts oder an sonnenarmen Tagen wird diese Energie wieder entnommen.

Infrastrukturspeicher ermöglichen die aktive Teilnahme am Stromhandel. Durch ein zweckmäßiges Lastmanagement kann der Betreiber des Speichers, in der Regel der Betreiber eines lokalen Netzgebietes, beeinflussen unter welchen Bedingungen einstmals billig erzeugter Strom verkauft oder teurer Strom gekauft werden muss.

Batteriespeicher die solche Strommengen speichern können, sind Lithium-Ionen-Speicher, die auch als Speicher für E-Mobilität eingesetzt werden. Aus diesem Grund entstehen weltweit Produktionsstätten für solche Speichersysteme die zu einer starken Preissenkung führen werden. Aber auch Redox-Flow-Batterien sind für die Verwendung als Infrastrukturspeicher geeignet.

Sowohl die Infrastrukturspeicher als auch die Haushaltsspeicher und die Speicher in Industrie und Verwaltung sind Teil der gesamten Speicherkapazität des Landes. Um abzuschätzen,

welche Speicherkapazität durch Infrastrukturspeicher erbracht werden kann, wollen wir hier eine modellhafte Betrachtung anstellen. Das heißt die konkrete Ausgestaltung richtet sich nach den zukünftigen lokalen Erfordernissen und kann deshalb auch von unserem Modell abweichen.

Ein Infrastrukturspeicher ist in der Regel ein Bestandteil des Niederspannungsnetzes und muss an geeigneter Stelle in das Netz eingebunden werden. Das sind überwiegend die vorhandenen lokalen Trafostationen. In Deutschland existieren ca. 600.000 Trafostationen.

Wenn man jeder Trafostation eine Speicherkapazität von 5 MWh zuordnen würde, ergäbe das eine Speicherkapazität von 3 TWh. In der Realität kann man aber nicht in jeder Trafostation einen Speicher installieren. Deshalb nehmen wir für die weitere Betrachtung eine Kapazität von 1,2 TWh an.

Ein weiterer Bereich von Infrastrukturspeichern sind Speichersysteme für Freiflächen PV- und Windkraftanlagen. Daneben werden bereits heute Speichersysteme zur Bereitstellung von Regelernergie installiert. Diese Systeme sind jedoch nicht in das Niederspannungsnetz integriert. Für die weitere Betrachtung gehen wir von einer Kapazität von 10 TWh aus [3.4.4.1]¹.

Diese Speicher sind unbedingt notwendig, denn sie erbringen die Regelleistung die bisher durch fossile Kraftwerke bereitgestellt wurde (vgl. 1.7.1).

Wie bereits erwähnt ist ein Infrastrukturspeicher Bestandteil eines lokalen Netzgebietes. Ein solches Netzgebiet hat einen Betreiber, einen Energieversorger oder z.B. eine Bürgerenergiegenossenschaft. Es liegt im Ermessen der Betreiber, ob der Betrieb eines solchen Speichers wirtschaftlich ist.

3.4.5 Stromspeicherverluste durch die saisonale Speicherung

Die Energieversorgung der Zukunft basiert fast vollständig auf den erneuerbaren Energien Sonne und Wind. Diese Energiequellen stehen jedoch nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt zur Verfügung, sondern die Sonneneinstrahlung ist in Deutschland in den Sommermonaten und der Windtrag in den Wintermonaten am höchsten. Legt man die Jahresgänge für Sonne und Wind aus den Grafiken im Kapitel 4.4 zugrunde, ist damit die Stromerzeugung im Juli am höchsten und im Dezember am niedrigsten.

Der überschüssige Strom der im Sommer erzeugt wird muss für den Verbrauch im Winter zwischengespeichert werden. Zu diesem Zweck wird, neben der Batteriespeicherung, mittels Elektrolyse Wasserstoff erzeugt. Dieser Wasserstoff kann zum Teil direkt in das normale Erdgasnetz eingespeist oder in einem weiteren Verfahrensschritt "Power to Gas" in eine Erdgas ähnliche Form umgewandelt werden und ebenfalls in das normale Erdgasnetz eingespeist

3.4.6 Zusätzlicher Bedarf durch Speicherung

Im Bereich Mobilität ergibt sich wie im Kapitel 3.5.1 angeführt ein zusätzlicher Bedarf von 50 TWh. Bei den Privathaushalten, Wirtschaft und Verwaltung und Infrastrukturspeichern gibt es eine Kapazität von 21,55 TWh. Bei den saisonalen Speichern ergibt sich laut Kapitel 4.4 ein Zusatzbedarf von 60 TWh. Somit ergibt sich durch die Speicherung ein Zusatzbedarf von 132 TWh.

¹ [3.4.4.1] <http://www.photovoltaik.eu/Archiv/Meldungsarchiv/Belectric-baut-Grossspeicher-in-Brandenburg.QUIEPTU3NjlyMSZNSUQ9MTewOTQ5.html?UID=7BCCB9C5D7B9F720F90E8A2D6F2D6425132E48D328D721>

3.4.7 Verfügbarkeit von Rohstoffen

Die Verfügbarkeit von Rohstoffen ist bei der Nutzung von Batteriespeichern von entscheidender Bedeutung. Denn was nützt die beste Batterietechnik wenn die dafür benötigten Rohstoffe nicht in ausreichenden Umfang zur Verfügung stehen.

Im Folgenden wird deshalb die Verfügbarkeit von Rohstoffe näher betrachtet, die für die bei der Energiewende notwendigen Batteriespeicher benötigt werden. Dabei werden nur solche Rohstoffvorkommen berücksichtigt, die mit bewährter Technologie kostengünstig abgebaut werden können. Wir haben diesen konservativen Ansatz ganz bewusst gewählt. Die alternative Annahme, man könne Rohstoffprobleme in Zukunft „irgendwie“ lösen, erfüllt nicht die von uns gestellten Ansprüche, sondern gehört eher in einen Science Fiction Roman.

Lithium

Lithium ist der wichtigste Bestandteil von Lithium-Ionen Batterien. Im Jahr 2015 wurden 32.500 Tonnen gefördert, bei einem wirtschaftlich abbaubaren Vorkommen von 14 Mio. Tonnen [3.4.7.1]¹. Bei einem Anteil von 80g Lithium pro kWh-Speicherkapazität aus [3.3.2.1f] ließen sich Akkus mit einer gesamten Speichermenge von 175 TWh herstellen. Wenn man die geschätzten Vorkommen von 40,7 Mio. Tonnen als Basis nimmt, dann lassen sich damit Speicher mit einer Kapazität von 508 TWh herstellen. Damit können die begrenzten Rohstoffvorkommen die weltweite Nutzung von Lithium-Ionen Batterien beschränken.

Grafit

Grafit ist eine kristalline Form des Kohlenstoffs. Es wird für die Elektroden von Batterien benötigt. Neben dem Abbau natürlicher Vorkommen wird Grafit inzwischen auch künstlich hergestellt. Somit ist kein Mangel an Grafit zu erwarten.

Vanadium

Vanadium wird bei Redox-Flow Batterien benötigt. Im Jahr 2015 wurden 79.400 Tonnen gefördert, bei einem geschätzten Vorkommen von 15 Mio. Tonnen [3.4.7.2]². Somit ist kein Mangel an Vanadium zu erwarten.

3.4.8 Minimierung der Leitungsverluste durch dezentrale Versorgung

Dezentrale Energieversorgung heißt, dass man den Strom dort verbraucht, wo er erzeugt wird. Wir werden im Kapitel 5 ausführlicher auf dezentrale Versorgungsstrukturen eingehen. Rein anschaulich ist aber schon hier klar, dass sich Transportverluste unter der Bedingung kürzerer Transportwege minimieren.

Die Bundesnetzagentur geht im Entwurf des Szenariorahmens 2030 in Tabelle 9 von Verlusten zwischen 30 -50 TWh in den Jahren 2030/2035 aus. Allerdings liegt den Szenarien laut Tabelle 10 ein Nettostromverbrauch von 490 - 523 TWh zugrunde. Dies wären Übertragungsverluste zwischen 6 und 10%. Damit unterstellt die Bundesnetzagentur, dass die Netzverluste durch die Integration von Anlagen zur Stromerzeugung aus regenerativen Energien bis 2030 bzw. 2035 steigen [3.4.8.1]³. Wir halten das für ziemlich unrealistisch, weil die zu übertragende elektrische Arbeit unter den Bedingungen einer dezentralen Struktur deutlich geringer ist.

1 [3.4.7.1] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2016-lithi.pdf>

2 [3.4.7.2] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/mcs-2016-vanad.pdf>

3 [3.4.8.1] http://data.netzausbau.de/2030/Szenariorahmen_2030_Entwurf.pdf

Die VDE Studie "Der zelluläre Ansatz" [5.4.1] liefert hierzu Zahlenwerte. Die Studie geht von einem Endenergiebedarf von 700 TWh aus und errechnet auf dieser Basis folgenden Übertragungsbedarf:

- zentrale Struktur: 602 TWh
- dezentrale Struktur: 394 TWh

Unter Verwendung dieser Ergebnisse der VDE-Studie, aber unter Nutzung des uns für 2050 angenommenen Strombedarfs von 1.098 TWh als Eingangsparameter der Rechnung, ergeben sich die in Tabelle 5.11 dargestellten Werte.

Netzstruktur	Übertragungsbedarf [TWh]	Übertragungsverlust absolut bei 8% relativ [TWh]
zentral	944	76
dezentral	618	50

Tabelle 3.8: Übertragungsbedarf/Übertragungsverlust bei zentralem/dezentralem Ansatz in 2050

Eine dezentrale Erzeugung reduziert die Übertragungsverluste demnach um 26,1 TWh. Dieser Wert ergibt sich bereits, wenn man davon ausgeht, die durchschnittlichen Leitungsverluste liegen in beiden Ansätzen bei 8%. Nun sind die Leitungslängen im dezentralen Fall natürlich kürzer und wir wissen, dass die Leitungslänge zum Leitungswiderstand direkt proportional ist. Mithin können wir davon ausgehen, dass die vermiedenen Übertragungsverluste noch größer sind.

Das Braunkohlkraftwerk Schwarze Pumpe mit einer installierten Leistung von 1.600 MW erzeugt bei 6.440 Volllaststunden eine Leistung von 10,3 TWh jährlich. Gut 2,5 solcher Kraftwerke sind also notwendig, nur um die höheren Übertragungsverluste einer zentralen Stromerzeugung auszugleichen. Da wir von einer dezentralen Struktur der Stromerzeugung ausgehen verwenden wir für unsere weiteren Berechnungen den niedrigeren Wert von 50 TWh.

Im Weißbuch des BMWi auf Seite 71 unten heißt es jedoch,

"... dass die dezentrale Einspeisung auf nachgelagerten Ebenen die Inanspruchnahme vorgelagerter Netzebenen verringert und damit Infrastrukturkosten vermeidet. Diese Annahme ist heute nicht mehr zutreffend..." [3.4.8.2]¹

Eine solche Aussage zeugt entweder von konsequenter Missachtung physikalischer Tatsachen oder aber von bewusster Irreführung.

3.5 Der nationale Strombedarf

Den nationalen Strombedarf wollen wir anhand realer Daten des Jahres 2015 näher untersuchen [3.5.1]². Die Daten entstammen dem frei zugänglichen European Network of Transmission System Operators for Electricity – entsoe. Eine Speicherung elektrischer Energie in nennenswerter Größe erfolgt laut dieser Statistik nur mittels Pumpspeicherung.

Die Last ist der mit consumption bezeichnete tatsächliche Stromverbrauch in Deutschland. Es wurde für das Jahr 2015 ein Stromverbrauch von 520 TWh festgestellt.

¹ [3.4.8.2]

http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/weissbuch.pdf;jsessionid=1F5B4973226DD19FB81585E1CA340290?__blob=publicationFile&v=29

² [3.5.1] <https://www.entsoe.eu/db-query/production/monthly-production-for-a-specific-country>

Country:	DE
From m-y:	01-2015
To m-y:	12-2015
Values in:	GWh

This data may not be used without mentioning the source: "Data provided by ENTSO-E"

Country	month	year	nuclear	fossil_fu	which lig	hard coal	gas	-oil	mixed fu	renewable	wind	solar	biomass	other_ren	hydro	which_ren	other_hy	Sum	pump	exg_saldo	consumption
DE	1	2015	8692	29980	12606	9038	6646	908	782	13980	9975	559	3367	79	2354	1587	767	55006	744	-5310	48952
DE	2	2015	7926	31317	12228	10793	6625	847	824	10380	5840	1370	3107	63	1789	1209	580	51412	628	-5176	45608
DE	3	2015	7645	30078	12873	10274	5301	703	927	12729	6502	2859	3311	57	2103	1436	667	52555	703	-5673	46179
DE	4	2015	7214	23946	11062	8357	3267	396	864	12362	4659	4427	3160	116	2347	1664	683	45869	674	-4306	40889
DE	5	2015	7387	19382	9771	6012	2389	294	916	12647	4850	4508	3166	123	2599	1894	705	42015	699	-1709	39607
DE	6	2015	6680	22176	10658	7888	2452	253	925	11799	3903	4739	3053	104	2359	1731	628	43014	597	-2542	39875
DE	7	2015	5071	24751	11777	8697	3022	291	964	13330	5306	5019	2922	83	1873	1289	584	45025	662	-2893	41470
DE	8	2015	7055	23674	12375	7805	2238	301	955	11058	3440	4624	2924	70	1698	1142	556	43485	612	-3049	39824
DE	9	2015	7278	26192	12893	9429	2769	250	851	11589	5295	3128	3076	90	1575	1047	528	46634	600	-5123	40911
DE	10	2015	6704	32852	13704	11966	5925	282	975	9473	3951	1948	3420	154	1632	1015	617	50661	705	-4233	45723
DE	11	2015	7449	28115	11733	8851	6223	389	919	15163	10464	1140	3413	146	1577	961	616	52304	702	-5322	46280
DE	12	2015	7666	27012	11388	8021	6298	331	974	16016	11495	829	3546	146	1751	1102	649	52445	727	-6429	45289

Tabelle 3.9: entsoe-Datensammlung deutscher Energieerzeuger

Die Nettostromerzeugung betrug 580 TWh. Davon wurden 8 TWh Pumpleistung für PSW benötigt und 52 TWh exportiert. Wie aus der monatlichen Aufschlüsselung erkennbar ist, erfolgte zu keiner Zeit ein Stromimport. Bereits heute, im Jahr 2016, wäre eine sofortige Abschaltung von Kohlekraftwerken ohne irgendwelche Einschränkungen der nationalen Versorgung möglich. Die Tabelle sagt nichts über die mögliche erzeugbare, also die installierte fossile Leistung aus. So werden die hocheffizienten GUD Anlagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht betrieben aber die Braunkohlenkraftwerke dafür mit voller Leistung.

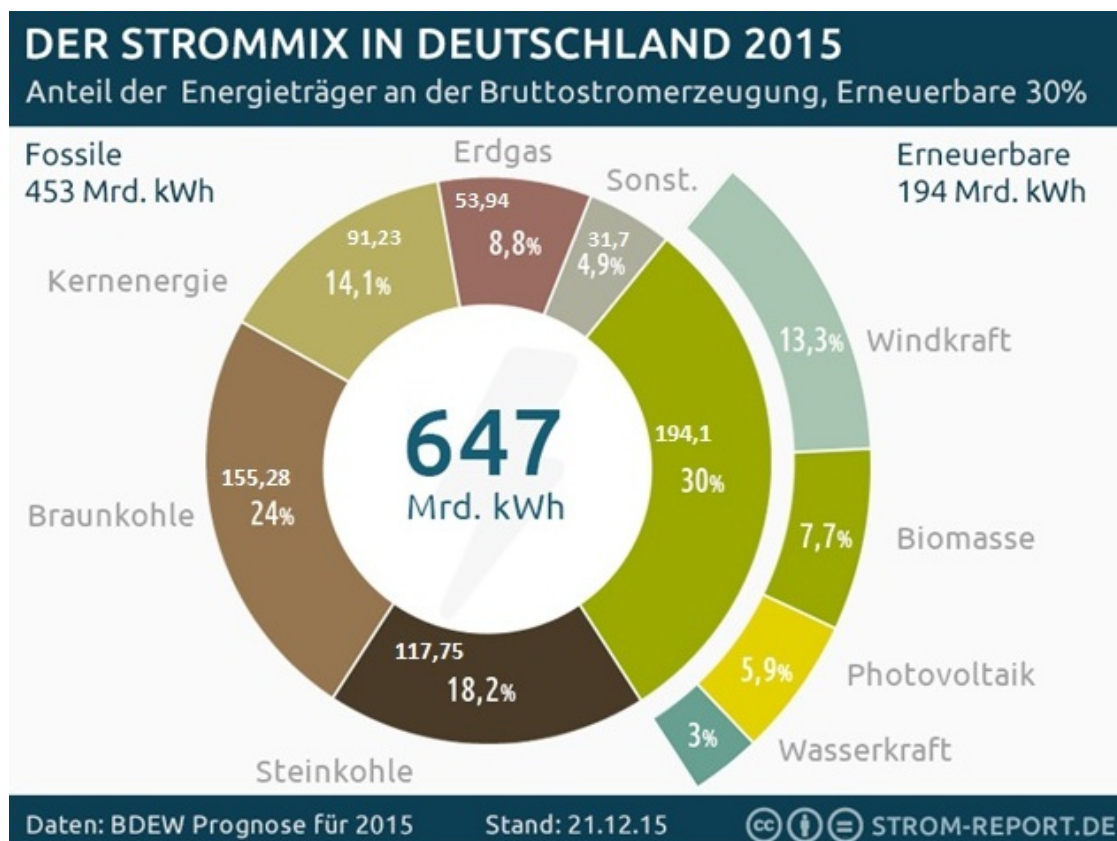


Abbildung 3.2: Strommix Deutschlands im Jahr 2015 (brutto)

Die Veröffentlichungen des BDEW zeigen, wohlwollend betrachtet, nur eine verkürzte Darstellung dieser Daten. Der BDEW, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft weist in seiner Grafik für 2015 eine Bruttostromerzeugung von 647 TWh aus.

In der nachfolgenden Grafik erkennen wir das nur 89,8% der erzeugten Energie tatsächlich für die nationale Stromversorgung benötigt wurden. 52 TWh wurden exportiert. Dieser exportierte Strom belastet unsere Netze zusätzlich und erfordert einen verstärkten Netzausbau. Durch den betrieb der für diesen Stromexport hauptsächlich verantwortlichen Braunkohlekraftwerke vergiften wir unsere Umwelt und zerstören unsere Natur. Und das alles um den Profit der großen Stromkonzerne weiter zu maximieren denen das wiederum völlig egal ist. Wie lange wollen wir uns das eigentlich noch gefallen lassen?

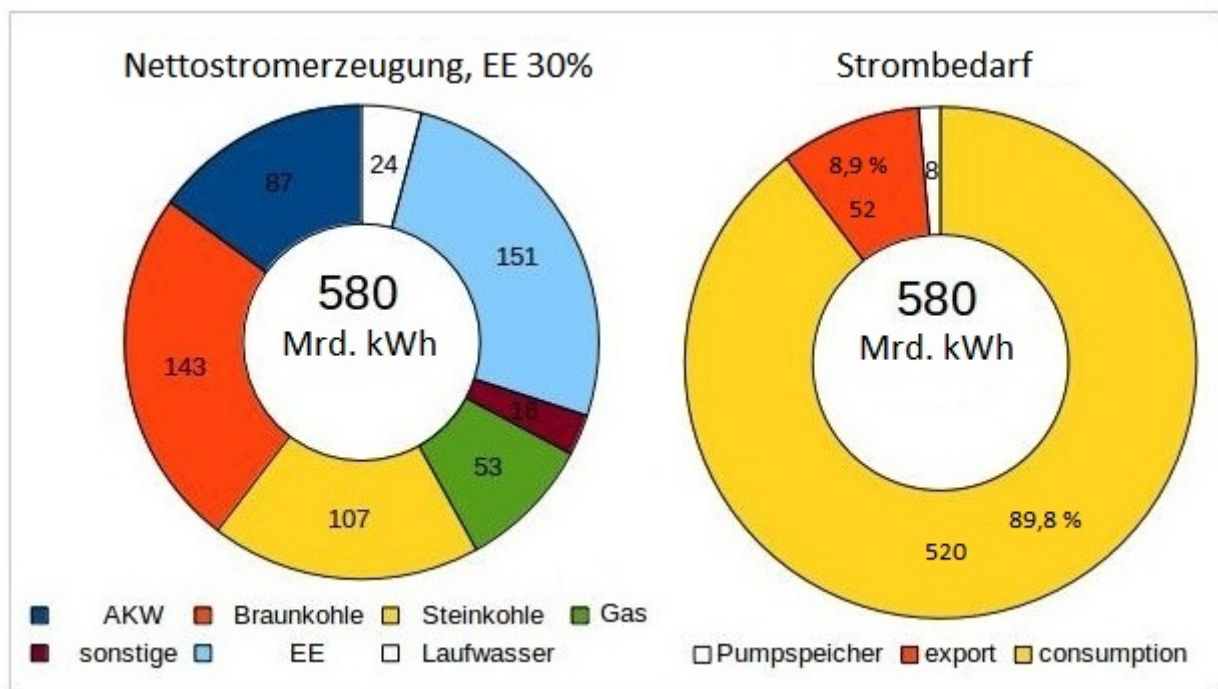


Abbildung 3.3: Nettostromerzeugung und Nettostrombedarf in Deutschlands 2015

Die Differenz zwischen der Nettostromerzeugung von 580 TWh und der Bruttostromerzeugung von 647 TWh sind die Stromnetzverluste, Eigenverbrauch der Kraftwerke und Nichterfasstes. Das sind 67 TWh oder 10,3%. Diese Zahlen kann man auch der Quelle [\[1.0.1\]](#) Tabelle 22 entnehmen. Dort kann man unter der Rubrik Stromimportsaldo für 2015 -51,8 TWh nachlesen. Ein negativer Stromimport bedeutet Stromexport. Noch nie war der Stromexport so hoch wie im Jahr 2015. Wir weisen ausdrücklich auf diese Veröffentlichungen hin um zu zeigen wie manipulativ selbst solche Datenbanken gestaltet werden. Durch Abschaltung der fossilen Erzeuger sinkt auch deren Eigenverbrauch auf null. Die Leitungsverluste reduzieren sich durch den nicht notwendigen Stromtransport. Im Gegensatz zur eigenen Lohntüte gilt hier „Weniger Brutto vom Netto“

Auf der Grundlage der realen Daten des Jahres 2015 wird gezeigt was ohne fossile Erzeugung geschehen würde. Die benötigten 580 TWh sollen also ausschließlich durch EE erzeugt werden.

From m-y:	01-20XX
Country:	DE
Values in:	GWh

	AKW	Braunkohle	Steinkohle	Gas	sonstige	Summe	EE	Laufwasser	Sum	pump	Spei-ein/aus	consumption
Jan				6646		6646	52652	2354	55006	744	-5310	48952
Feb				6625		6625	49623	1789	51412	628	-5176	45608
Mär				5301		5301	50452	2103	52555	703	-5673	46179
Apr				3267		3267	43522	2347	45869	674	-4306	40889
Mai				2389		2389	39416	2599	42015	699	-1709	39607
Jun				2452		2452	40655	2359	43014	597	-2542	39875
Jul				3022		3022	43152	1873	45025	662	-2893	41470
Aug				2238		2238	41787	1698	43485	612	-3049	39824
Sep				2769		2769	45059	1575	46634	600	-5123	40911
Okt				5925		5925	49029	1632	50661	705	-4233	45723
Nov				6223		6223	50727	1577	52304	702	-5322	46280
Dez				6298		6298	50694	1751	52445	727	-6429	45289
Summe	0	0	0	53155	0		556768	23657	6E+05	8053	-51765	520607
						53155						
						8,39 %						
								580425				
								91,61 %				

Tabelle 3.10: Energieerzeugung ohne fossile Energieträger (abgeleitet aus Tabelle 3.8)

Die fossile Energieerzeugung wurde vollständig beendet. 91,6% des benötigten Stromes werden regenerativ erzeugt. 8,4 % können mittels Gasturbinen erzeugt werden. Das benötigte Gas wird vorher per Power to Gas erzeugt und gespeichert. Der vorher exportierte Überschuss wird jetzt in saisonalen Stromspeichern zwischengespeichert. Ein Export erfolgt erst wenn diese Speicher gefüllt sind. Das Ziel ist sowohl positive als auch negative residuale Last vollständig durch Speicher auszugleichen. Die Zahlen des Jahres 2015 sind natürlich nicht auf die zukünftigen Verhältnisse anwendbar. Sie sollen lediglich das Prinzip der vollständigen Versorgung mit EE zeigen.

Der von uns prognostizierte Strombedarf für eine vollständige Umstellung auf erneuerbare Energien setzt sich wie oben erläutert wie folgt zusammen:

Nettostrombedarf	966 TWh
Speicherverluste	132 TWh
Übertragungsverluste	50 TWh
Summe	1148 TWh

Da man jedoch nicht davon ausgehen kann das jedes Jahr eine ausgeglichene Bilanz zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch erreicht werden kann rechnen wir einen Sicherheitszuschlag ein und gehen von einer Stromerzeugung von 1200 TWh aus.

3.5.1 Die Residuale Last

Grafik in Anlehnung an das Fraunhofer IWES-Modell- SimmEE

Szenario = minimale Last – maximale Erzeugung



Abbildung 3.4: Residuale Last und wovon sie abhängt.

Die **erste Option** ist die Anpassung der Erzeugung an den Bedarf. Mit fossiler Erzeugung wird das durch an- oder abfahren der Generatoren relativ einfach erreicht. Bei regenerativer Erzeugung erweist sich die Anpassung des Energieangebots an den Bedarf als deutlich schwieriger. Die von den regenerativen Erzeugern im Netz bereitgestellte Leistung ist dargebotsabhängig, weil sich Sonne und Wind schlecht regulieren lassen. Im Regelfall wird also angebotsseitig entweder zu viel oder zu wenig Energie zur Verfügung stehen. Zur Gewährleistung der Netzstabilität muss man hier den Bedarf an die Erzeugung anpassen. In der Grafik wird ein Zustand beispielhaft betrachtet. Dem geringen Leistungsbedarf steht eine hohe Einspeisung aus EE gegenüber. Es wäre durchaus technisch möglich diese überschüssige Energie zu vernichten, sprich in Wärme umzuwandeln. Aber viel besser ist natürlich die Nutzung dieses Überschusses. Durch ein sinnvolles Energiemanagement können bestimmte, vorher festgelegte Abnehmer gezielt zugeschaltet werden. Das wirkt aber nur für eine begrenzte Zeit.

Die **zweite Option** ist die Speicherung der überschüssigen Energie. Das ist nur über den Weg der Umwandlung in eine andere Energieform möglich. Solche Umwandlungsprozesse sind immer verlustbehaftet, was in Zeitperioden des Überschusses aber von untergeordneter Bedeutung ist. Viel wichtiger: Die Umwandlung überschüssigen Stroms in gespeicherte Energie (z.B. Wasser im Oberbecken eines Pumpspeicherkraftwerkes) bildet Reserven, auf die wir zu einem beliebigen Zeitpunkt zurückzugreifen können. Durch Rückwandlung der gespeicherten Energie in elektrische können wir im Falle von Stromdefiziten die Netzstabilität gewährleisten.

Eine **dritte Option** ist der Export des Überschusses. Dazu ist jedoch ein Abnehmer erforderlich, der unter einem Stromdefizit leidet, was unter den Bedingungen der ausschließlichen Nutzung regenerativer Quellen nur bedingt planbar ist.

Am Ende des Prozesses muss, physikalisch bedingt, immer eine residuale Last von Null stehen. Anderenfalls befindet sich das Netz nicht im Gleichgewicht.

Im Falle einer negativen Residuallast, also fehlender Energie, fahren gegenwärtig die Betreiber fossiler Erzeugungsanlagen ihre Turbinen hoch oder, wenn das nicht genügt, weitere Turbinen an, um das Defizit auszugleichen. Dies entspricht der ersten Option, der Anpassung der Erzeugung an den Verbrauch. Zukünftig, wenn wir keine fossile Erzeugung mehr haben, müssen wir uns voll und ganz auf die zweite Option, die Bereitstellung der fehlenden Energie aus den Speichern verlassen können. Mit Hilfe dieser Speicher wird dann die schwankende Erzeugung und der veränderliche Bedarf ausgeglichen.

Das Modell der residualen Last ist in Stromnetzen jeder Größe anwendbar. Es simuliert die Bedingungen innerhalb eines abgeschlossenen Systems, einer **Zelle**. Die Zelle kann, wie im Beispiel, das Gebiet der Bundesrepublik umfassen, eine Regelzone innerhalb der Bundesrepublik, ein Ortsnetz bis hin zum Eigenheim mit Solaranlage und Batteriespeicher.

Die genauere Definition einer Zelle reichen wir unter 5.4.1. nach.

3.5.2 Energieerzeugung aus EE und das Vorsorgeprinzip

Wie gerade erwähnt, betrachten wir ein beliebiges Versorgungsgebiet als Zelle. Eine Zelle strebt immer eine ausgeglichene Leistungsbilanz an. Keine Zelle, also auch kein nationales Versorgungsgebiet sollte deshalb so konzipiert sein, dass

a) ständig Strom von außen bezogen werden muss, weil Strommangel herrscht
oder

b) ständig Strom exportiert werden muss, weil Strom im Überfluss erzeugt wird.

Es lohnt sich, in diesem Zusammenhang z.B. über die deutschen Erzeuger(über)kapazitäten nachzudenken, die einen Export elektrischer Energie voraussetzen. Ggf. ließen sich schon jetzt einige umweltbelastende Wärmekraftwerke vom Netz nehmen.

Nach dem Prinzip der Zelle ist auch das gesamte europäische System der Stromversorgung zu untersuchen. Absoluten Vorrang hat Sicherstellung der Stromversorgung im Sinne der Daseinsvorsorge. Der Handel mit Elektroenergie hat sich diesem Prinzip unterzuordnen.

Zur Vorsorge gehört noch viel mehr der Schutz und die Erhaltung unserer Umwelt. Eine Energieversorgung, die unsere Bedürfnisse befriedigt und sich überdies recht einfach über das An- und Abfahren von Turbinen im Gleichgewicht halten lässt, ist natürlich eine feine Sache. Die Vertreter der gehobenen Energiewirtschaft und unsere Politiker werden auch nicht müde, diesen, ganz ohne Zweifel vorhandenen Vorteil fossiler Kraftwerke hervorzuheben und im gleichen Atemzug die stark fluktuierende Leistung von Windkraft- und PV-Anlagen zu verteufeln. Wenn aber der bequeme Weg unsere Umwelt zerstört und darüber hinaus wegen fehlender Nachhaltigkeit eine Sackgasse ist, sollten wir lieber den unbequemen wählen und über die Optimierung unserer Speicherkapazitäten nachdenken.

Es bleibt uns gar nichts anderes übrig. Die Energieversorgung mittels EE ist für unsere Gesellschaft überlebenswichtig [3.5.2.1]¹.

¹ [3.5.2.1]

https://www.greenpeaceenergy.de/fileadmin/docs/sonstiges/Greenpeace_Energy_Gutachten_Windgas_Fraunhofer_Sterner.pdf

Literaturverzeichnis Kapitel 3

[3.1]	http://www.photovoltaiksolarstrom.de/photovoltaiklexikon/dachintegrierte-photovoltaik
[3.2]	http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/plusenergiesiedlung-ludmilla-wohnpark-landshut/
	http://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/region/diese-fassade-liefert-mehr-energie-als-die-bewohner-brauchen/story/31316622
[3.3]	https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/energie/150310_HHI-Studie-Fernwaerme.pdf
[3.2.1]	https://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/zielarchitektur.html
[3.2.2]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf
[3.2.3]	http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren
[3.2.4]	http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2015/th2015.pdf
[3.3.1]	http://www.saisonalspeicher.de/Grundlagen/Funktionsprinzip/tabid/67/Default.aspx
[3.3.2]	http://www.saisonalspeicher.de/Projekte/ProjekteinDeutschland/Eggenstein/tabid/406/language/de-DE/Default.aspx
[3.3.3]	
[3.3.4]	http://www.saisonalspeicher.de/Speichertypen/Erdsonden/tabid/75/Default.aspx
[3.3.5]	http://www.werkstatt-stadt.de/de/projekte/177/
[3.3.6]	http://www.saisonalspeicher.de/Speichertypen/Aquifer/tabid/74/Default.aspx
[3.3.7]	http://www.saisonalspeicher.de/Projekte/ProjekteinDeutschland/Rostock/tabid/422/language/de-DE/Default.aspx
[3.3.8]	http://forschung-energiespeicher.info/projektschau/gesamtliste/projekt-einzelsicht/95/Saisonale_Waermespeicherung_in_Aquiferen/
[3.3.9]	http://www.eneff-stadt.info/de/pilotprojekte/projekt/details/plusenergiesiedlung-ludmilla-wohnpark-landshut/
[3.3.10]	http://ritter-xl-solar.com/uploads/media/Wie-gross-duerfen-Solarspeicher-sein-HZJ4-5-09.pdf
[3.4.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Akkumulator https://de.wikipedia.org/wiki/Redox-Flow-Batterie
[3.4.2]	http://energyload.eu/stromspeicher/grabat-energy-wunderbatterie-graphen/
[3.4.3]	http://m.dw.com/de/vergisst-akkus-die-zukunft-geh%C3%B6rt-den-superkondensatoren/a-36524174
[3.4.4]	https://de.wikipedia.org/wiki/Redox-Flow-Batterie
[3.4.5]	https://www.uni-jena.de/Forschungsmeldungen/FM151021_Batterie.html
[3.4.6]	https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf
[3.4.1.1]	https://www.akku.net/magazin/lithium-ionen-akku-zehn-spannende-fakten-zur-herstellung-des-energiespeichers/
[3.4.1.2]	http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/binnenschiffe

4. Energieerzeugung von morgen

Nach der Abschätzung, wie groß der Energiebedarf in Deutschland bei einer nachhaltigen Energieversorgung in Zukunft sein wird, stellt sich die Frage, ob mit erneuerbaren Energien genügend Strom und Wärme erzeugt werden können, um diesen Bedarf zu decken. Dazu muss u.a. geklärt werden, ob ausreichend Rohstoffe und Flächen für den Aufbau einer entsprechenden Erzeugungskapazität vorhanden sind.

Im Jahr 2015 wurden mit erneuerbaren Energien 196 TWh Strom erzeugt. Dies war ein Anteil von 32,6% an der Bruttostromerzeugung [1.9.3]. Hinsichtlich der Wärmeversorgung lieferten die erneuerbaren Energien 155 TWh bzw. anteilig 13,2% des Gesamtbedarfs [1.9.3]. Für eine nachhaltige Energieversorgung sind jedoch die Erzeugung von ungefähr der sechsfachen Menge Strom- und der dreieinhalbfachen Wärmemenge notwendig (vgl. 3.2). Welchen Beitrag sollen und können die einzelnen Technologien der erneuerbaren Energien leisten? Dies wird in den nächsten Kapiteln näher betrachtet.

4.1 Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland

Zunächst werden die Technologien der erneuerbaren Energien auf ihren möglichen Beitrag für eine zukünftig nachhaltige Stromerzeugung untersucht und bewertet. Hieraus wird ein Modell für den Anteil der einzelnen Technologien an der zukünftigen Stromerzeugung entwickelt.

4.1.1 Wasserkraft

Die Nutzung der Wasserkraft hat eine sehr lange Tradition. Sie wurde schon in antiker Zeit, z.B. als Antrieb für Mühlen und Schöpfwerke verwendet. Heute dient Wasserkraft in Deutschland fast ausschließlich zur Erzeugung elektrischen Stroms, weitestgehend in Laufwasserkraftwerken. In den gebirgsreichen Regionen Europas erfolgt die Wasserkraftnutzung auch durch Speicherkraftwerke oder Pumpspeicherkraftwerke.

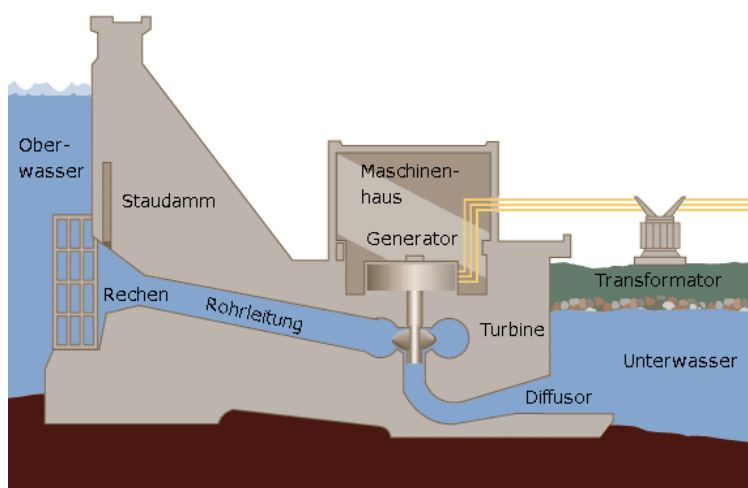


Abbildung 4.1: Schemazeichnung eines Laufwasserkraftwerkes, aus [Wikipedia-Artikel]

wenig. Sie sind deshalb typische Grundlastkraftwerke.

Voraussetzungen für eine effektive Nutzung der Wasserkraft sind prinzipiell nur zwei Faktoren:

Es muss (a) genügend fließendes Wasser zur Verfügung stehen, das (b) eine ausreichende Fallhöhe durchläuft. Das fließende Wasser treibt in seiner Abwärtsbewegung Turbinen an. Der Wirkungsgrad moderner Wasserkraftanlagen liegt bei über 90%.

Bei Laufwasserkraftwerken wird die kinetische Energie des fließenden Wassers direkt genutzt, ohne dass das Wasser auf einem räumlich gesehen höheren Niveau in gespeicherter Form vorliegen muss. Sie arbeiten kontinuierlich und der Wasserzulauf und die damit erzeugte Strommenge, schwanken in der Regel nur

Außerdem sind sie schwarzstartfähig und haben bei Blackouts eine enorme Bedeutung zum Wiederaufbau des Netzes.



Abbildung 4.2: Micro-Wasserkraftwerk mit 5 kW Nennleistung

Eine Sonderform der Laufwasserkraftwerke sind auch die sogenannten Mikro-Wasserkraftwerke. Hierbei handelt es sich um kleine Turbinen mit einer Leistung von 0,5 bis 5 kW, die vom strömenden Wasser angetrieben werden. Sie kommen aufgrund ihrer geringen Größe für den Einbau in kleinere Fließgewässer infrage. Interessante Einbauorte sind verlassene Wassermühlen. Die meist noch vorhandenen Mühlgräben eignen sich hervorragend zu diesem Zweck. Bedeutung haben solche Mikro-Wasserkraftwerke für die Inselversorgung von schwer erschließbaren Gebieten [4.1.1.1]. In der Gesamtbilanz der Energieerzeugung durch Wasserkraft spielen diese Kraftwerke jedoch keine große Rolle. [4.1.1.2], [4.1.1.3]

Speicherkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke sind Kraftwerke, die bei Bedarf elektrischen Strom erzeugen. Sie nutzen im Gegensatz zu Laufwasserkraftwerken gezielt die potenzielle Energie eines bezüglich seines natürlichen Abflusses höher gelegenen Stausees. Sie können bei Stromdefiziten sehr schnell große Mengen zusätzlichen Strom bereitstellen und tragen damit zur Netzstabilisierung bei.

Pumpspeicherkraftwerke zeichnen sich durch die Besonderheit aus, dass in Zeiten des Stromüberschusses Wasser von einem sogenannten Unterbecken wieder in einen höher gelegenen Speichersee gepumpt wird. Die damit gespeicherte potentielle Energie des Wassers kann bei Bedarf, sprich hoher Netzbelastung wieder in elektrische Energie zurückgewandelt werden. Aber auch der Vorgang des Pumpens des Wassers vom Unter- in das Oberbecken ist, so paradox es im ersten Moment auch klingen mag, ein Beitrag zur Netzstabilität.

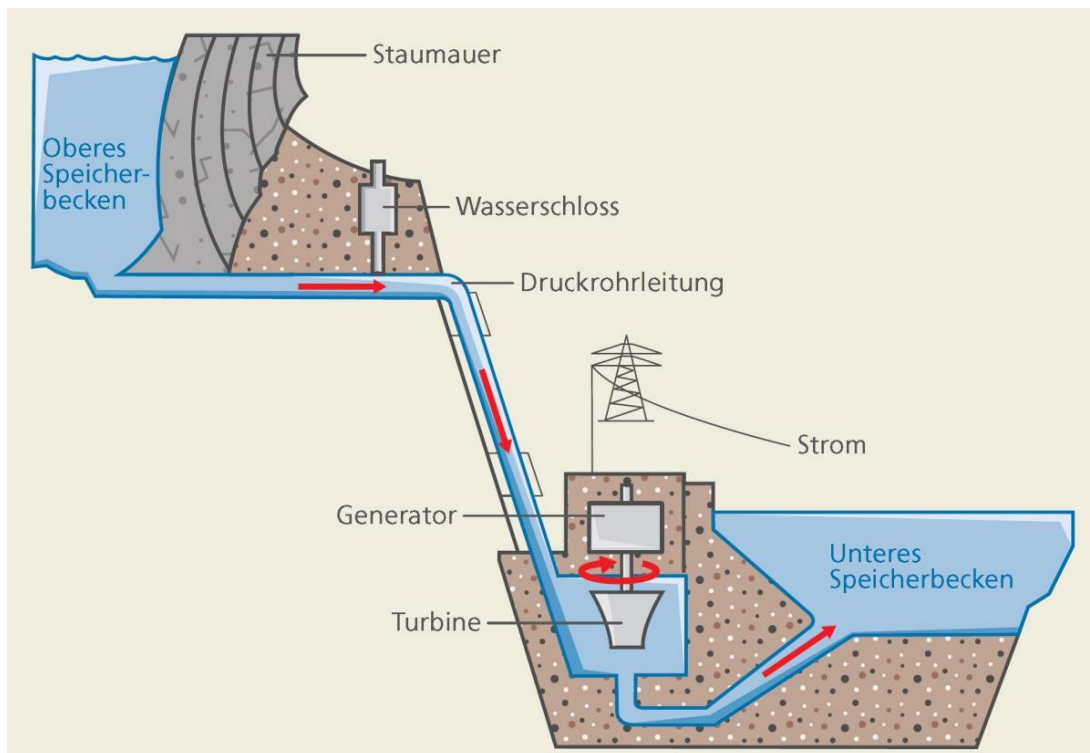


Abbildung 4.3: Funktionsprinzip eines Pumpspeicherkraftwerkes; aus <http://www.energie-macht-schule.de/content/pumpspeicherkraftwerk-0>

Die Energie des Wassers in Zahlen

Die von allen Wasserkraftwerken genutzte potentielle Energie E_{pot} des Wassers berechnet sich aus:

$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$, mit

- m – Masse des Wassers,
- g – Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m/s}^2$,
- h – Fallhöhe des Wassers.

Werden bei einem Wasserkraftwerk also 100 Tonnen Wasser über einen Höhenunterschied von 10 Metern durch eine Turbine geleitet, erhalten wir:

$$E_{\text{pot}} = 100.000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 9.810.000 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{)}$$

$1 \text{ kg/(m}^2\text{s}^2\text{)}$ entspricht einer Wattsekunde. 3.600.000 Ws ergeben demnach 1 kWh.

Daraus folgt: Aus hundert Tonnen Wasser lassen sich rein theoretisch 2,73 kWh Strom erzeugen. Praktisch erhalten wir nur 90% davon, wenn wir einen, für Wasserkraft realistischen Wirkungsgrad von 0,9 annehmen, also etwa 2,45 kWh.

Die Donau ist nach dem Rhein der wasserreichste Fluss in Deutschland. Pro Sekunde fließen durchschnittlich ca. 1.500 Tonnen Wasser stromabwärts. Die in den deutschen Donaukraftwerken genutzten Höhenunterschiede liegen bei zwischen 7 und 8 m.

An den meisten Standorten in Deutschland, die über günstige natürliche Bedingungen für die Wasserkraftnutzung verfügen, sind bereits entsprechende Anlagen vorhanden [4.1.1.2].

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung von Wasserkraftwerken sind vier Faktoren zu berücksichtigen:

1. Flächenverbrauch
2. Rohstoffverbrauch
3. Gesundheitliche Auswirkungen
4. Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt

Flächenverbrauch

Die geomorphologischen Auswirkungen von Wasserkraftwerken sind naturgemäß relativ hoch. Ein allgemein gültiger Wert bezüglich der Relation Fläche/TWh kann wegen der von Fall zu Fall stark voneinander abweichenden natürlichen Rahmenbedingungen nicht angegeben werden. Der prinzipiell relativ hohe Flächenbedarf führt jedoch heute dazu, dass die Errichtung neuer Wasserkraftwerke aufgrund von Bürgerprotesten kaum noch durchsetzbar ist.

Rohstoffverbrauch

Für die Staumauern und teilweise auch für Dämme wird Beton verwendet. Dämme bestehen dagegen meistens aus Aufschüttmaterial z.B. Kies oder Erdreich. Daneben werden für Turbinen und Generatoren Stahl und Kupfer benötigt. Keiner der genannten Rohstoffe stellt einen Engpass dar.

Gesundheitliche Auswirkungen

Es liegen keine Daten über direkte gesundheitliche Auswirkungen von Wasserkraftwerken auf den Menschen vor.

Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt

Die Errichtung eines Wasserkraftwerkes stellt einen erheblichen Eingriff in die Natur dar. Dies betrifft sowohl Flora als auch Fauna. Abhängig vom jeweiligen Standort kann es durch den Bau eines Wasserkraftwerks sogar zur vollkommenen Umgestaltung eines Biotops kommen.

Eine besondere Gefährdung besteht bei Laufwasserkraftwerken für ziehende Fische. Dies betrifft ca. ein Drittel aller in Deutschland lebenden Arten. Mittels sogenannter Fischaufstiegshilfen versucht man, das Problem zu minimieren. Jedoch sind nicht alle Kraftwerke damit ausgestattet [1.9.3].

Zukünftige Nutzung der Wasserkraft

In Deutschland waren 2015 Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 5,6 GW in Betrieb und erzeugten 19,3 TWh Strom [4.1.1.4]. In der Studie „Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland“ aus dem Jahr 2010 wird ein Zubaupotential an bestehenden Standorten von 2,7 TWh geschätzt. Mittelgroße und kleine Gewässer könnten anhand dieser Studie ein technisch-ökonomisch-ökologisches Zubaupotential von etwa 0,4

TWh zusätzlich liefern [4.1.1.5]. Der Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke geht dagegen auf seiner Homepage aktuell davon aus, dass bis 2030 die Stromproduktion durch Wasserkraft auf 31 TWh gesteigert werden kann. Je ein Drittel dieser vom Verband prognostizierten Produktionssteigerung von ca. 12 TWh gegenüber dem heutigen Wert entfällt dabei auf

- a) die Modernisierung aktiver Kraftwerke,
- b) die Reaktivierung stillgelegter Anlagen und
- c) Neubauten [4.1.1e].

Ein Neubau größerer Anlagen mit den oben beschriebenen Auswirkungen für eine zusätzliche Strommenge von etwa 4 TWh ist unserer Meinung nach kritisch zu betrachten. Diese Strommenge würde nur ca. 0,3% der zukünftig erforderlichen Strommenge entsprechen und ist durch einen Zubau von Photovoltaikanlagen umweltschonender realisierbar. Es spricht dagegen nichts gegen den vermehrten dezentralen Einsatz von Mikrowasserkraftwerken. Auch deutsche Gewässer bieten hierfür noch genügend Potential, ohne dass erhebliche Eingriffe in die Umwelt notwendig sind.

Auch die Reaktivierung stillgelegter, alter Wasserkraftwerke darf unserer Meinung nach nur dann in Betracht gezogen werden, wenn sie im Einzelfall ökologisch vertretbar ist. Bei konservativem Herangehen verbleibt demnach nur das Ausbaupotential durch Modernisierung von 4 TWh. Dies ist nur geringfügig mehr als die 3,1 TWh, die in o.g. Studie [4.1.1.5] ermittelt wurden. Folglich kann man für die Zukunft von einer Stromerzeugung von etwa 22,1 bis 23,3 TWh durch Wasserkraftwerke ausgehen. Für unsere weiteren Betrachtungen verwenden wir den niedrigeren Wert von 22,1 TWh.

Ein mögliches Konzept zur Nutzung stillgelegter Schachtanlagen ist deren Umbau zu Pumpspeicherkraftwerken. Da dieses Konzept jedoch technisch noch nicht ausgereift ist, wird es nicht näher berücksichtigt.

4.1.2 Strom aus Biomasse

Unter Biomasse versteht man feste, nachwachsende Brennstoffe. Der überwiegende Teil davon wird in Deutschland für reine Heizzwecke verwendet (siehe hierzu 4.5.3).

Der Begriff „feste Biomasse“ umfasst alle festen organischen Brennstoffe, die zur energetischen Nutzung verwendbar sind. Man unterscheidet dabei zwischen halm- und holzgutartigen Festbrennstoffen. Diese werden entweder durch den gezielten Anbau von Energiepflanzen gewonnen oder sind Nebenprodukt anderer Prozesse. Zu den biogenen Festbrennstoffen zählen u.a. Recyclinghölzer, Resthölzer aus der Industrieproduktion sowie Hölzer, die bei der Landschaftspflege anfallen. Hinzu kommen Halmgüter aus landwirtschaftlicher Produktion. Energiepflanzen, die eigens für die Gewinnung biogener Festbrennstoffe Verwendung finden, sind Getreidepflanzen, die im Ganzen geerntet werden, mehrjährige Gräser sowie schnellwachsende Gehölze wie Weide und Pappel. Letztere werden in sogenannten Kurzumtriebsplantagen [4.1.2.1] produziert und bereits nach zwei bis fünf Jahren geerntet.

Im Jahr 2012 waren in Deutschland 540 Biomasse-Heizkraftwerke mit einer installierten elektrischen Leistung von 1.560 MW und einer Stromerzeugung von 8,4 TWh in Betrieb [4.1.2.2]. Im Jahr 2014 wurden bereits 12,0 TWh Strom durch Biomasseheizkraftwerke erzeugt [4.1.2.3]. Der prozentuale Zuwachs in diesen beiden Jahren war demnach relativ hoch, der Anteil an der Deckung des Gesamtbedarfs an elektrischer Energie blieb jedoch, auf das Jahr 2015 normiert, mit 2% gering.

Die meisten Biomasse-Heizkraftwerke sind als Kraftwärmekopplungsanlagen in Betrieb. Diese erreichen in der Regel einen Gesamtwirkungsgrad von 80%. Bezogen auf die Erzeugung elektrischer Energie liegt der Wirkungsgrad bei 30-35%.

Auch wenn Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt wird, ist ihre CO₂ Bilanz nur anscheinend klimaneutral. Bei Ernte, Transport und Verarbeitung entsteht zusätzliches CO₂. Ebenso muss man das bei der Produktion und Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erzeugte CO₂ in der Gesamtbilanz berücksichtigen.

Umwelttechnisch problematisch sind Biomasse-Heizkraftwerke dann, wenn sie nicht nur unbehandelte Biomasse, sondern z.B. geheiztes Holz oder Kunststoffabfälle verbrennen. Technisch gesehen handelt es sich dann um Müllverbrennungsanlagen, die exakt nach dem gleichen Prinzip arbeiten wie „saubere“ Biomasse-Heizkraftwerke, dabei aber über deutlich aufwendigere Filtersysteme verfügen. Müllverbrennungsanlagen unterliegen sehr strengen Umweltauflagen.

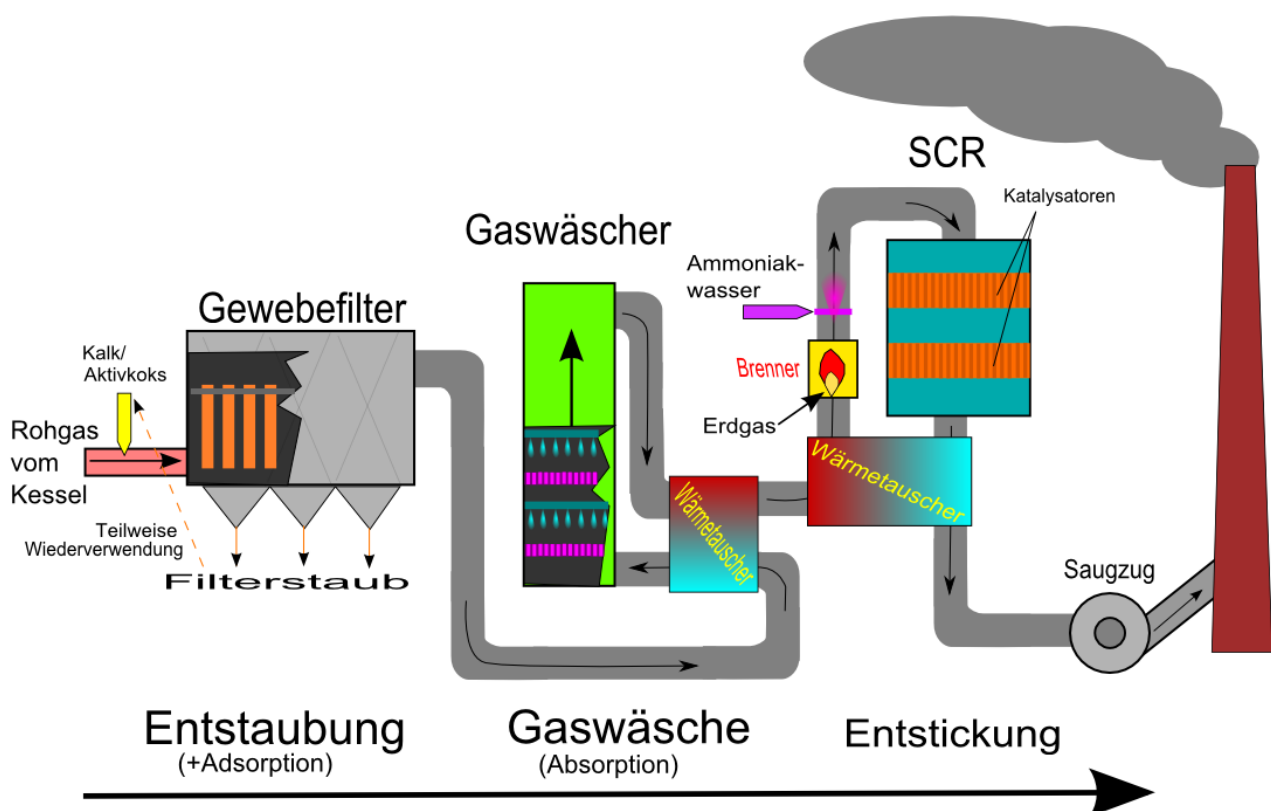


Abbildung 4.4: Müllverbrennungsanlage in prinzipieller Darstellung aus <https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%BCllverbrennung>

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung der energetischen Verwertung von Biomasse spielen folgende 5 Faktoren eine Rolle:

1. Flächenverbrauch
2. Rohstoffverbrauch
3. Recycling von alten Anlagen
4. Gesundheitliche Auswirkungen
5. Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt

Flächenbedarf

Der Flächenbedarf für die Erzeugung von elektrischer Energie aus fester Biomasse ist, gemessen am Ertrag, sehr hoch.

Rohstoffverbrauch

In der traditionellen Forstwirtschaft werden im Vergleich zur übrigen Landwirtschaft relativ wenig Düngemittel und Pflanzenschutzmitteln eingesetzt. Deshalb ist der Rohstoffverbrauch, gemessen an dem der Landwirtschaft zum Zwecke der Produktion von Nahrungsmitteln eher gering.

Dies gilt jedoch nicht für Kurzumtriebsplantagen, die den Einsatz großer Mengen Düngemittel erfordern.

Für ökologisch am bedenklichsten halten wir den Anbau von Biomassepflanzen, z.B. Getreide, das von vornherein für die energetische Verwertung vorgesehen ist. Es sind für diesen Anbau keine Grenzwerte beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wie bei der Nahrungsmittelproduktion bekannt.. Dies kann zu nachhaltigen Schädigungen der Umwelt führen und wirft überdies die Frage auf, wie sauber die „sauberen“ Biomassekraftwerke wirklich sind.

Recycling alter Anlagen

Die Anlagen bestehen aus einem Gebäude und den eigentlichen Kraftwerkseinrichtungen. Beim Abbruch des Gebäudes entsteht Bauschutt. Die einzelnen Fraktionen sind in der Abfallverzeichnis-Verordnung beschrieben. Die einzelnen Fraktionen werden entweder recycelt oder in Deponien gelagert. Die Kraftwerksanlagen bestehen hauptsächlich aus Metallen. Diese werden in der Regel recycelt.

Gesundheitliche Auswirkungen

Es gibt bisher keine belastbaren Aussagen über direkte gesundheitliche Gefährdungen im Zusammenhang mit der Erzeugung von Strom aus fester Biomasse. Allerdings geht sie mit zusätzlichen Belastungen des Trinkwassers durch Nitratsalze und Pestizide, wie sie aus der konventionellen Landwirtschaft bekannt sind, einher. Außerdem ist bei der Verbrennung von Abfällen eine mögliche Schadstoffbelastung der Luft durch behandelte Materialien nicht auszuschließen.

Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt

Bei der energetischen Nutzung fester Biomasse verbleiben im Gegensatz zur üblichen Holzwirtschaft keine Abfälle im Wald, da diese ebenfalls verbrannt werden können. Diese Stoffe fehlen dann im Biotop und beeinträchtigen damit die Biodiversität und die natürliche Regeneration des Waldbodens. Speziell gilt dies für Kurzumtriebsplantagen, in denen oft auch standortfremde Arten gepflanzt werden.

Zukünftige Weiterentwicklung der Biomassenutzung

Die Stromerzeugung aus Biomasse-Heizkraftwerken erfolgt heute in der Regel im Dauerbetrieb. Eine Nutzung zur Bereitstellung von Regelenergie wäre allerdings möglich. Dazu müssten jedoch die gesetzlichen Grundlagen für die Bereitstellung von Systemdienstleistungen geändert werden, um diskontinuierlichen Betrieb in Lastsituationen für die Betreiber rentabel zu gestalten. Einem Ausbau der Erzeugungskapazitäten in größerem Umfang sind von vornherein Grenzen gesetzt, weil die genutzten Brennstoffe nur relativ langsam nachwachsen. Unabhängig davon plädieren wir dafür, den weiteren Anbau der sogenannten Energiepflanzen wegen der negativen Auswirkungen auf Natur und Umwelt mittelfristig zu reduzieren und langfristig zu stoppen. Die dabei frei werdenden Flächen könnten für eine nachhaltige Nutzung an die , ökologische Landwirtschaft zurückgegeben werden.

Für die thermische Verwertung von Abfallstoffen wären noch strengere Umweltauflagen wünschenswert.

Diesen beiden Forderungen folgend, ergibt sich eine deutliche Reduktion der Stromerzeugung aus fester Biomasse. Wir gehen in unseren Berechnungen von einer Absenkung auf 2 TWh aus.

Da der Gesamtanteil fester Biomasse an der Stromerzeugung mit 0,15% aber sehr gering ist, könnte diese Verminderung leicht durch andere erneuerbare Energien ersetzt werden.

4.1.3 Strom aus Biogas

Biogas entsteht durch den mikrobakteriellen Abbau organischer Stoffe. Neben organischen Abfallstoffen wie Klärschlamm, Bioabfall, Gülle, Mist und Pflanzenresten werden inzwischen hauptsächlich sogenannte Energiepflanzen zur Biogaserzeugung verwendet. Diese werden speziell für die Erzeugung von Biogas angebaut und stehen damit in direkter Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln. In Deutschland verwendet man hauptsächlich Mais zur Erzeugung von Biogas. Im Jahr 2013 wurden rund 0,9 Millionen Hektar und damit ca. 1/3 der Maisanbaufläche für der Biogasproduktion verbraucht [4.1.3.1]. Im Jahr 2013 waren 7.720 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 3.550 MW in Betrieb. Diese erzeugten 27 TWh Strom, was 4,3% des deutschen Stromverbrauchs entsprach [4.1.3.1].

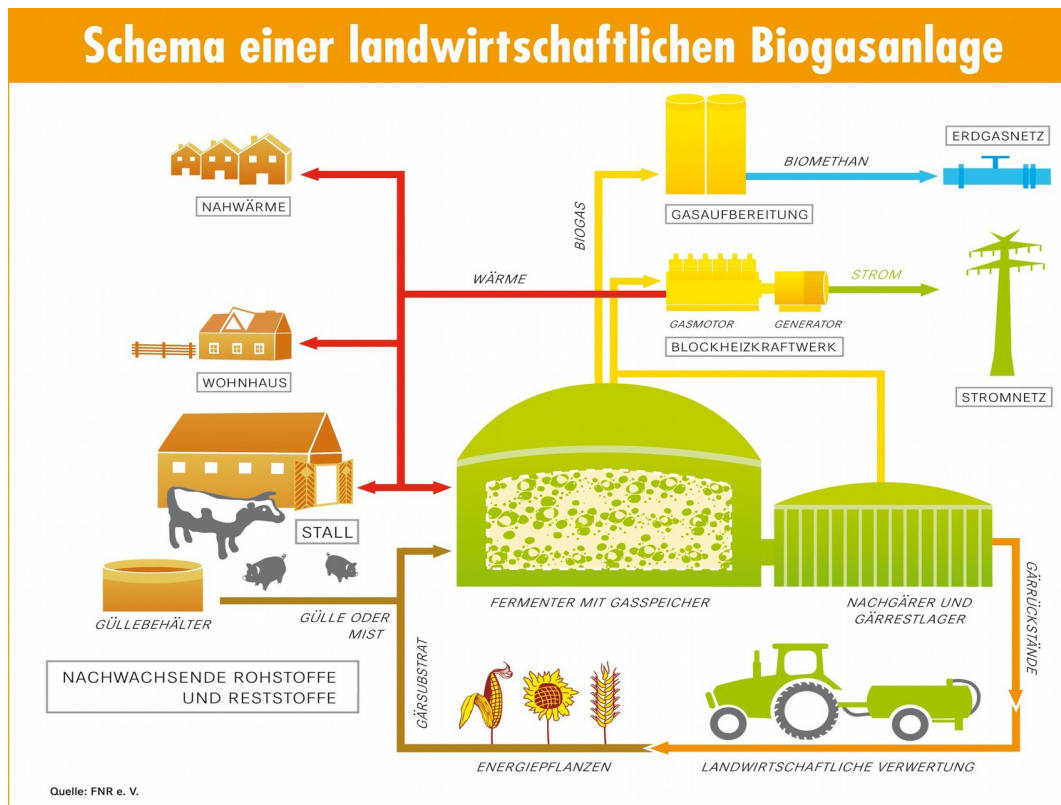


Abbildung 4.5: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage aus FNR e.V.
 FNR e.V. = Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe <http://www.fnr.de/>

Biogas besteht hauptsächlich aus Methan und CO₂. Der Methangehalt und der Ertrag je Tonne Frischmasse sind abhängig vom verwendeten Ausgangsmaterial. Mais wird als bevorzugter Grundstoff verwendet, weil der Methanertrag pro ha am höchsten ist. Das aus Mais gewonnene Biogas weist einen Methangehalt zwischen 50-75% auf [4.1.3.2].

Da die Reinigung von Biogas technisch sehr aufwendig ist, wird es in der Regel direkt verwertet und nicht in das bestehende Erdgasnetz eingespeist.

Auch wenn Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt wird, ist seine CO₂ Bilanz nur auf den ersten Blick klimaneutral. Es gelten die gleichen Aussagen, die schon zur Verstromung fester Biomasse im vorhergehenden Kapitel getroffen wurden. Darüber hinaus besteht das spezifische Problem, dass bei der Produktion Methan entweichen kann, das eine um den Faktor 25 höhere Klimaschädlichkeit als CO₂ aufweist.

Insgesamt ergibt sich nur eine geringfügig bessere CO₂ Bilanz für die Stromproduktion durch Biogas im Vergleich zu Erdgas. Bei Erdgas wurden in [4.1.3.3] 446 g CO₂-Äquivalent pro kWh errechnet, bei Biogas mit 423 g pro kWh fast genauso viel. Die genannte Quelle sollte man jedoch kritisch betrachten. "Stromsparen - Schlüssel für eine umweltschonende und kostengünstige Energiewende" ist besonders sinnvoll unter der Voraussetzung fossiler Energieerzeugung und einem zentral organisierten System der Energieversorgung. Völlig anders sieht die Bilanz aus, wenn die Energie zu 100% aus erneuerbaren Quellen stammt und die Versorgungsstrukturen dem Prinzip der Dezentralität folgen. Dieser Gedankengang spielt für die Verfasser der Studie offensichtlich keine Rolle.

Deshalb kann die Verwendung von Biogas nicht als so klimaneutral angesehen werden, wie sie gerne von deren Befürwortern dargestellt wird.

Ein wirtschaftliches Hemmnis für den Ausbau von Biogasanlagen sind die in den letzten Jahren angestiegenen Pachtpreise für Ackerland [4.1.3.4].

Lt. Baugesetzbuch (BauGB) §35 gelten Biogasanlagen im Außenbereich als privilegierte Bauvorhaben, solange sie eine bestimmte Größe nicht überschreiten [4.1.3.5]. Dies wiederum erleichtert den Bau von Biogasanlagen.

Die Stromerzeugung durch Biogasanlagen erfolgt heute in der Regel im Dauerbetrieb. Biogasanlagen sind demnach grundlastfähig.

Aufgrund der Bauweise, bei der die Stromerzeugung mit Gasturbinen bzw. Verbrennungsmotoren erfolgt, wäre jedoch auch eine Nutzung zur Bereitstellung von Regelenergie möglich. Auch hier wären Gesetzesänderungen notwendig, um diskontinuierlichen Betrieb für die Betreiber rentabel zu gestalten.

Bei einer dezentralen Struktur der Energieversorgung können Biogasanlagen ähnlich wie Biomassekraftwerke innerhalb einer Zelle ein stabilisierendes Element sein. Sie sind in der Lage, Grundlast- oder Regelenergie innerhalb der Zelle zu liefern. Zur Bereitstellung von Regelenergie in der Zelle sind Batteriespeicher allerdings besser geeignet, da sie sowohl positive als auch negative Regelenergie bereitstellen.

In der Gesamtbewertung der Stromerzeugung aus Biogas kommt man zu keinem eindeutigen Ergebnis. Einerseits ist die energetische Verwertung organischer Abfälle positiv zu beurteilen, andererseits liefert der Anbau von Energiemais und anderen sog. Energiepflanzen einen zusätzlichen Beitrag, eine stärker auf Ökologie und Erhalt der Artenvielfalt ausgerichtete Landwirtschaft zu hintertreiben.

Ökologische Betrachtung

Folgende 5 Faktoren müssen betrachtet werden.

1. Flächenverbrauch
2. Rohstoffverbrauch
3. Recycling von alten Anlagen
4. Gesundheitliche Auswirkungen
5. Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt

Flächenverbrauch

Der Flächenbedarf für die Erzeugung elektrischer Energie aus Biogas ist sehr hoch. Im Jahr 2013 wurden 1,268 Mio. Hektar Anbaufläche in der Bundesrepublik Deutschland für die Produktion von Rohstoffen zur Biogasgewinnung genutzt [4.1.3.6]. Dies entspricht rund 10% der Ackerfläche in Deutschland. Da damit 2013 nur ca. 4,3% des deutschen Strombedarfs gedeckt werden konnten, ist offensichtlich, dass Biogas keinen entscheidenden Anteil an der Stromproduktion haben kann.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Produktion von Pflanzen für die Stromerzeugung zu einer Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion führt. Es werden deshalb vermehrt Futtermittel für die Fleischproduktion importiert, da die entsprechenden Flächen für eine heimische Produktion nicht mehr zur Verfügung stehen [4.1.3.7].

Rohstoffverbrauch

Neben den Flächen erfordert die Produktion von Energiepflanzen große Mengen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Für deren Herstellung wiederum benötigt man die äquivalenten Mengen Phosphat und Erdöl sowie weitere Rohstoffe.

Recycling alter Anlagen

Für das Recycling von alten Anlagen existieren etablierte Verfahren. Es gelten hierzu die bereits unter 4.1.2 getroffenen Aussagen.

Gesundheitliche Auswirkungen

Es gibt bisher keine belastbaren Aussagen über direkte gesundheitliche Schäden. Indirekt besteht jedoch eine Gesundheitsgefährdung durch die Erhöhung der Nitrat- bzw. Pestizidbelastung des Trinkwassers. Dies ist jedoch kein spezifisches Problem der Biomasseproduktion, sondern ein allgemeines der heutigen konventionellen Landwirtschaft.

Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt

Der vermehrte Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln schädigt Flora und Fauna. Des Weiteren führt der großflächige Anbau von Maismonokulturen zur Beeinträchtigung der Biodiversität [4.1.3.8].

Zukünftige Weiterentwicklung der Stromerzeugung aus Biogas

Mit der EEG Novelle 2016 wurde eine Limitierung des Zubaus festgeschrieben [4.1.3.9]. Der Zubau soll nicht mehr als 150 Megawatt installierter Leistung pro Jahr betragen.

Bei einer Änderung der Vergütungsstruktur wäre statt des heute üblichen Dauerbetriebs auch ein bedarfsorientierter Betrieb möglich. Dabei sollte die Vergütung nicht unabhängig vom aktuellen Stromangebot sein, sondern bei einem geringen Stromangebot aus anderen erneuerbaren Energien ein höherer Preis gezahlt werden. Damit ließen sich verminderte Einspeisungen aus Windkraftanlagen und PV-Modulen teilweise ausgleichen.

Diesem möglichen positiven Effekt stehen jedoch erhebliche ökologische Nachteile entgegen.

Wegen der negativen Auswirkungen auf Natur und Umwelt sollte der weitere Anbau von sogenannten Energiepflanzen, unerheblich davon, ob sie zur Verwertung als feste Brennstoffe oder zur Biogaserzeugung dienen, mittelfristig reduziert und langfristig gestoppt werden. Die dabei frei werdenden Flächen stünden dann für eine nachhaltige Nutzung durch bäuerliche Landwirtschaft zur Verfügung.

Für die Biogaserzeugung aus organischen Abfallstoffen sollten strengere Umweltauflagen eingeführt werden.

Unter der Maßgabe der Verfolgung o.g. ökologischer Ziele, sehen wir eine deutliche Reduktion der Stromerzeugung durch Biogas und gehen in unseren weiteren Berechnungen von einem Wert von 5,5 TWh in den nächsten Jahren aus. D.h., auch Biogas wird in Zukunft nur einen bescheidenen Anteil zur insgesamt notwendigen Stromerzeugung liefern können.

4.1.4 Strom aus flüssiger Biomasse

Strom kann aus flüssiger Biomasse gewonnen werden, indem man Pflanzenöle wie Rapsöl, Sojaöl oder Palmöl in BHKW verbrennt. Im Vergleich zur festen und gasförmigen Biomasse ist dieser Nutzungspfad zur Stromerzeugung jedoch weniger bedeutend. Die aus flüssiger Biomasse erzeugte Strommenge lag im Jahr 2015 nur bei ca. 0,39 Mrd. kWh [4.1.4.1].

Biokraftstoffe

Die Nutzung sog. Biokraftstoffe ist durch EU-Richtlinien (Richtlinie 2009/28/EG (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) [4.1.4.3]) und den darauf basierenden Gesetzen und Verordnungen in Deutschland (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung - Biokraft-NachV [4.1.4.4] und Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen [4.1.4.5]) geregelt.

Die EU-Richtlinie setzt für das Jahr 2020 für jedes Mitgliedsland einen Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch fest. Für den Verkehrssektor wird eine einheitliche Quote von 10% erneuerbare Energien gefordert.

Die deutschen Gesetze und Verordnungen setzen die EU-Richtlinie in deutsches Recht um.

Im Jahr 2014 wurden 31% der Rohstoffe für Biokraftstoffe in Deutschland produziert. 44% stammen aus dem EU-Ausland und der Rest aus anderen Regionen der Welt [4.1.4.6].

Für die Erzeugung der Biokraftstoffe wurden die folgenden Rohstoffe eingesetzt [4.1.4.7]:

Ausgangsmaterial	Jahr 2014 [TJ]
Raps	52.496
Abfall/Reststoff	21.698
Palmöl	17.922
Mais	9.610
Weizen	9.012
Zuckerrüben	6.987
Roggen	3.231
Triticale (Kreuzung Weizen/Roggen)	1.094
Gerste	1.082
Soja	824
Zuckerrohr	627
Gesamt	124.582

Man sieht also der Spruch „Kein Essen in den Tank!“ hat seine Berechtigung, da rund 80% der Rohstoffe für Biokraftstoffe Nahrungsmittel sind.

Besonders problematisch sind aber auch die Importe von Palmöl, obwohl dieses Produkt nicht primär als Lebensmittel gilt. Palmöl wird auf Plantagen gewonnen, für die Regenwälder, u.a. in Indonesien, großflächig abgeholzt werden. Nähere Informationen dazu unter [4.1.4.8]

Die ökologischen Auswirkungen der Produktion von flüssiger Biomasse entsprechen denen von Biogas. Da flüssige Biomasse nur einen marginalen Anteil an der Stromerzeugung hat, sollte sie sinnvollerweise anderen Anwendungen zugeführt werden.

4.1.5 Stromerzeugung mit Windkraftanlagen

Die Kraft des Windes wird seit langer Zeit auf dem Meer zum Antrieb von Schiffen genutzt. Windkraftanlagen an Land gibt es seit ungefähr 4.000 Jahren. Ursprünglich dienten sie als Getreidemühlen und Wasserpumpen. Später wurden sie auch als Kraftmaschinen für Gewerbebetriebe eingesetzt. Diese Nutzung ging jedoch mit der industriellen Revolution stark zurück. Die Mehrzahl der Windmühlen verschwand nach der Erfindung der Dampfmaschine.

Wenn man heute von Windkraft spricht, meint man damit Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie. 1991 begann mit dem Stromeinspeisungsgesetz der Aufstieg der Windenergienutzung

in Deutschland. Mit dem seit dem Jahr 2000 gültigen EEG erfuhr sie einen weiteren Aufschwung.

Neben der Anzahl der Anlagen stieg auch die durchschnittliche Leistung einer einzelnen Anlage. Während Windkraftanlagen anfangs mehr oder weniger Einzelanfertigungen waren, werden sie inzwischen industriell in Serie gebaut.

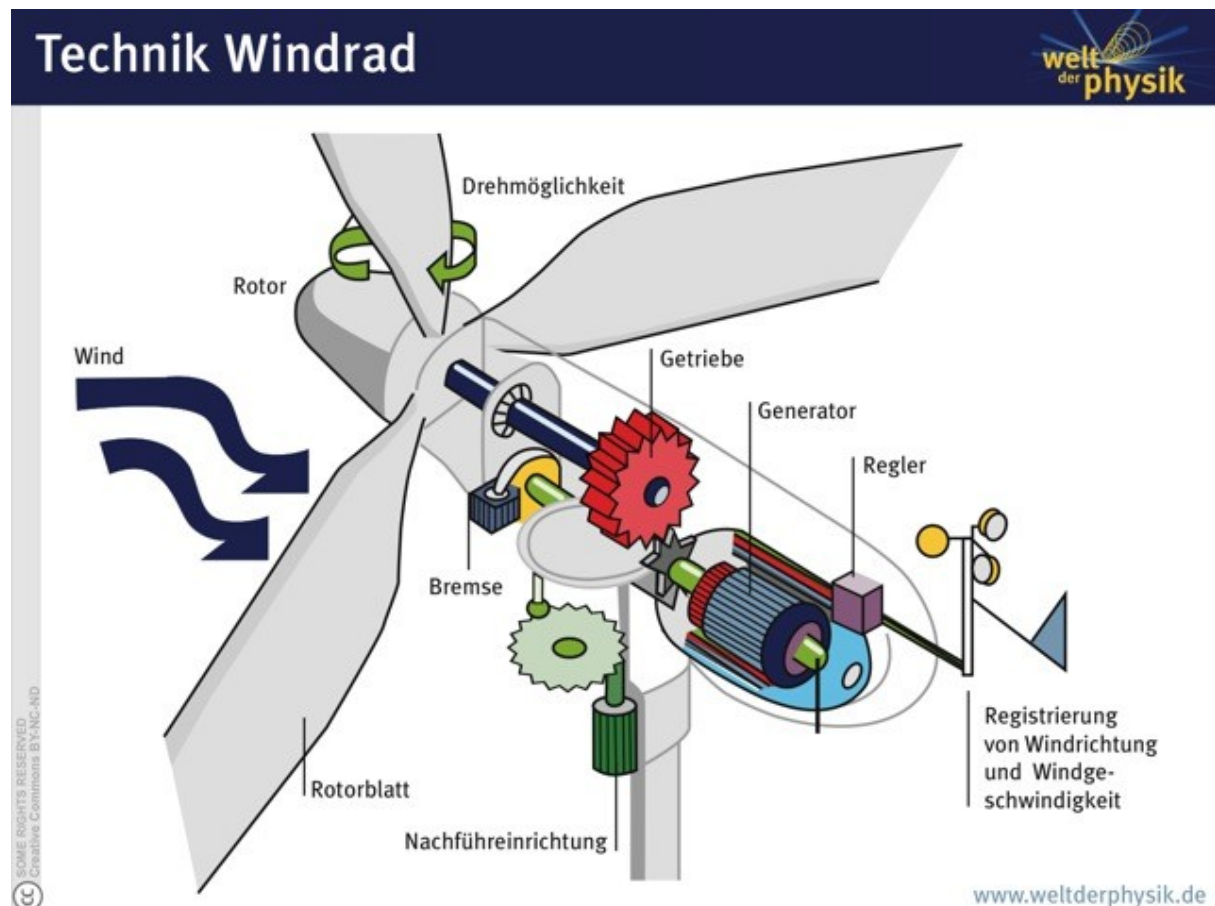


Abbildung 4.6: Prinzipieller Aufbau einer modernen Windkraftanlage aus

http://www.nachhaltigleben.ch/images/stories/Energie_und_Klima/Grafik.Windgenerator_640x380.jpg

Ende 2015 gab es in Deutschland an Land (onshore) 25.980 Anlagen mit einer Nennleistung von 41.652 MW [4.1.5.1]. Offshore lieferten 546 Anlagen eine Nennleistung von 2.282 MW [4.1.5.2].

Insgesamt speisten Windkraftanlagen 2015 86 TWh Strom ins deutsche Netz ein [4.1.5.3].

Die Windkraftanlagen sind nicht gleichmäßig in Deutschland verteilt. Die Mehrzahl der Anlagen steht in den nördlichen, windreichen Bundesländern. Erst in den letzten Jahren bieten die Hersteller spezielle Anlagen für geringere Windgeschwindigkeiten an, so dass auch in den südlichen, windärmeren Bundesländern der Betrieb von Windkraftanlagen rentabler wird.

Die Windkraftanlagen liefern abhängig von der Windgeschwindigkeit Strom. Beispielhaft sind die technischen Daten und Leistungskennlinien einer Starkwindanlage Enercon E-126 mit 7,5 MW Nennleistung [4.1.5.4] und einer Schwachwindanlage Enercon E-141 EP4 mit 4,2 MW Nennleistung [4.1.5.5] angeführt.

Da Windkraftanlagen vom Wind abhängig sind, können sie nicht kontinuierlich Strom produzieren. Die Bundesnetzagentur weist für Windkraftanlagen eine gesicherte Leistung von nur 0,5% bezogen auf ihre Nennleistung auf. Hier stellt sich die Frage, ob diese Zahl nicht bewusst klein gerechnet wird.

Der weitere Ausbau der Windenergie wird zunehmend durch Bürgerproteste behindert. Die Windkraftgegner fordern mehr Naturschutz, führen gesundheitliche Gefährdungen durch Infraschall ins Feld und beklagen den deutlichen Wertverlust von Immobilien angrenzender Wohnbebauung. Auch die fluktuierende Stromerzeugung (Flutterstrom) und die angebliche Unrentabilität von Windkraftanlagen sind gerne verwendete Argumente gegen die Nutzung der Windenergie [4.1.5.6]. Eine besondere Rolle bei der Verhinderung von Windkraftanlagen spielt hierbei Bayern. Hier ist durch die sogenannte 10H Regelung der bayrischen Staatsregierung der weitere Ausbau der Windenergienutzung fast zum Erliegen gekommen [4.1.5.7] [4.1.5.8].

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung von Windkraftanlagen sind fünf Faktoren zu berücksichtigen:

1. Flächenverbrauch,
2. Rohstoffverbrauch,
3. Recycling von alten Anlagen,
4. Gesundheitliche Auswirkungen,
5. Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt.

Flächenverbrauch

Der Flächenbedarf für die Erzeugung elektrischer Energie durch Windkraftanlagen wird oft als zu hoch für die Bundesrepublik Deutschland dargestellt.

Eine Windkraftanlage der 3 MW Klasse benötigt eine Fundamentfläche von 300 m². Für Wartungsarbeiten wird eine frei zugängliche Fläche von ca. 50*50 Metern benötigt. Diese Fläche ist aber fast uneingeschränkt landwirtschaftlich nutzbar.

Legt man den Flächenbedarf eines Windparks zugrunde, kommt man freilich auf ganz andere Ergebnisse, weil Windkraftanlagen nicht zu dicht aneinander gebaut werden können. Anderenfalls würden sich die durch eine einzelne Anlage erzeugten Turbulenzen negativ auf den Wirkungsgrad ihrer Nachbarn auswirken. Je höher die Leistung einer Anlage, desto größer müssen die Abstände bemessen sein. Es ist in diesem Zusammenhang wenig seriös, die gesamte Fläche, die ein Windpark benötigt als „der Natur entnommen“ zu deklarieren. Zwischen den Anlagen gibt es noch jede Menge Natur; insbesondere wird die Landwirtschaft nur geringfügig behindert.

Rohstoffe

Das Fundament des Turmes einer Windkraftanlage besteht aus Stahlbeton. Der Turm selbst ist entweder komplett aus Stahl gefertigt oder, bei sogenannten Hybridtürmen, im unteren Teil aus Beton und im oberen Teil aus Stahlsegmenten. Diese Hybridtürme sind bei größeren Windkraftanlagen inzwischen Standard.

Beton und Stahl sind somit die Hauptrohstoffe für den Bau von Windkraftanlagen. Engpässe in Bezug auf diese Rohstoffe gibt es nicht und sind auch für die Zukunft nicht zu erwarten.

Die Rotorblätter moderner Windkraftanlagen bestehen aus glas- oder kohlefaserverstärktem Kunststoff. Somit können auch die Bestandteile der Rotorblätter zu den in großen Mengen verfügbaren Rohstoffen gerechnet werden.

Der wichtigste Bestandteil einer Windkraftanlage ist das Maschinenhaus bzw. die Gondel. In ihm sind der Generator, die Windnachführung, Steuerungselektronik und eventuell ein Getriebe untergebracht. Auch diese Komponenten bestehen vornehmlich aus Stahl. Darüber hinaus wird für die Generatoren Kupfer benötigt. Bei einigen Generatortypen (permanentenerregte Synchron-Generatoren) kommen darüber hinaus Seltene Erden zum Einsatz. Die Rohstoffgewinnung für diese Metalle ist aufwendig und geht mit hohen Belastungen für die Umwelt einher.

Daher sollten langfristig die permanenterregten Synchron-Generatoren durch fremderregte Synchron- bzw. Asynchron-Generatoren ersetzt werden.

Asynchron- vs. Synchrongeneratoren

Bei den Generatoren unterscheidet man zwischen Asynchron- und Synchrongeneratoren. Heute kommen hauptsächlich Asynchrongeneratoren zum Einsatz. Nähere Informationen zur Technik findet man unter [4.1.5.9]

Bei den Synchrongeneratoren wird zwischen fremd- und permanenterregten unterschieden. In den permanenterregten Synchrongeneratoren werden im Stator (dem feststehenden Teil des Generators) Neodym- Bor-Mischungen verwendet. Nähere Informationen zu Synchrongeneratoren unter [4.1.5.1]

Die Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“ des Umweltbundesamtes (2014), zeigt ab Seite 56 den Rohstoffverbrauch für Offshore-Windenergieanlagen pro GW Leistung [4.1.5.11].

Material	Benötigte Menge in Tonnen
Beton	101.000
Eisen und Stahl	144.000
Kunststoff für Rotoren	11.000
Kupfer	3.000
Seltene Erden	bis zu 200

Tabelle 4.11: Rohstoffbedarf für 1 GW Offshore-Windkraft

Die Studie "Ökobilanzen für Onshore-Windenergieanlagen im Blick" [4.1.5.12] enthält entsprechende Zahlenwerte des Rohstoffverbrauchs am Beispiel einer 2,3 MW Onshore-Windenergieanlage des Typs Enercon E82-E2.

Material	Benötigte Menge in Tonnen
Beton	1.743,83
Stahl	237,48
Guss	73,175
Kunststoff für Rotoren	28,94
Kupfer	11,68
Aluminium	1,295

Tabelle 4.12: Rohstoffbedarf einer 2,3 MW Onshore-Windkraftanlage

Setzt man die Zahlen aus den Tabellen 4.11 und 4.12 zueinander ins Verhältnis, stellt man fest, dass Onshore-Anlagen viel mehr Beton im Vergleich zu den Anlagen auf See benötigen. Dies liegt daran, dass bei den Anlagen auf dem Festland relativ großvolumige Betonfundamente gegossen werden und auch der Turm zum Großteil aus Beton besteht. Offshore-Anlagen werden dagegen durch sehr aufwendige Bohrungen im Meeresboden gegründet. Für diese Gründungen benötigt man zwar weniger Beton dafür aber deutlich mehr Stahl. Um den dabei betriebenen Aufwand an Material und Energie richtig einzuschätzen, muss man sich nur vor Augen halten, dass die Offshore-Gründungstechnologie prinzipiell auch an Land eingesetzt werden könnte. In der Praxis sind jedoch die an Land verwendeten Betonfundamente immer noch wirtschaftlicher.

Ein direkter Vergleich der Zahlen der beiden Tabellen verbietet sich darüber hinaus deshalb, weil die durchschnittliche Anlagengröße von Offshore-Windrädern deutlich über der von an Land betriebenen liegt. Je größer die Anlage, desto geringer der Materialverbrauch je MW. Das Verhältnis von On- und Offshore-Anlagen hinsichtlich ihrer durchschnittlichen Leistung wird sich jedoch mittelfristig angleichen. Es gibt auch an Land schon vereinzelt Anlagen mit über 7 MW Leistung [4.1.5.4].

In der Gesamtbetrachtung nicht zu vergessen ist der Materialverbrauch unter Einbeziehung der Leitungswege. Diese sind zu den Windparks auf dem Meer deutlich länger und somit ist auch der Materialbedarf bei Offshore-Anlagen Prinzip bedingt höher.

Die Energierücklaufzeit, also die Zeit, in der die für die Herstellung einer Anlage verbrauchte Energie wiedergewonnen werden kann, beträgt ca. 5-7 Monate [4.1.5.13] für Onshore-Anlagen. Bei Offshore-Anlagen liegt sie naturgemäß (schon die Montage dieser Anlagen auf dem Meer ist durch das Bohren der Gründungen energieintensiver) mit 7-9 Monaten höher [4.1.5.14].

Recycling von alten Anlagen

Mit Ausnahme der Rotorblätter sind alle Bestandteile einer Windkraftanlage stofflich wiederverwertbar.

Bei den Rotorblättern erfolgt derzeit eine thermische Verwertung. Es gibt jedoch bereits verschiedene Projekte zur stofflichen Verwertung der Rotorblätter [4.1.5.15][4.1.5.16].

Gesundheitliche Auswirkungen

Von Windkraftgegnern wird immer wieder auf die Gefahren des Infraschalls, der durch Windkraftanlagen erzeugt wird, verwiesen. Infraschall ist Schall unter der Hörschwelle von 20 Hertz.

Er kann sowohl natürlich entstehen (z.B. durch Wind, Meeresrauschen) als auch künstliche Ursachen (z.B. Autoverkehr, Kühlturmkompressor) haben.

Die Theorie von gesundheitlichen Schäden durch Infraschall (Windturbinensyndrom) basieren auf einer Arbeit von Nina Pierpont [4.1.5.17]. Obwohl diese Arbeit von der Wissenschaft als methodisch fehlerhaft und nicht aussagekräftig angesehen wird, gilt sie quasi als Standardlektüre der Windkraftgegner. Auch [4.1.5.18] beschäftigt sich mit dem Windturbinensyndrom und führt dieses auf den sogenannten Nocebo-Effekt zurück. Der Nocebo-Effekt ist das Gegenstück zum Placebo-Effekt. Bei letzterem wirken Medikamente ohne Inhaltsstoffe bekanntermaßen allein durch den Glauben an deren Wirkung. Infolge des Nocebo-Effekt fühlt man sich dagegen aufgrund einer eingebildeten Ursache tatsächlich krank, obwohl diese Ursache wissenschaftlich nicht belegbar ist. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang u.a., dass es keine Veröffentlichungen über schädliche Auswirkungen von Infraschall durch Meeresrauschen, rauschende Wälder oder normalen Wind gibt.

Daher wird das Windturbinensyndrom nicht als medizinisches Krankheitsbild anerkannt. Auch der oft angeführte Code IDC-10-GM T75.2 beschreibt nicht Erkrankungen durch Windkraftanlagen, sondern das sogenannte Pressluftammersyndrom [4.1.5.19].

Das Bundesumweltamt hat in seiner Studie „Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall“ [4.1.5.20] festgestellt, dass kein einheitliches Bild zur Ermittlung und Beurteilung von tief-frequenten Schallen abgeleitet werden kann.

In Deutschland werden die Grenzwerte einer Belastung durch Schall in der Technischen Anleitung Lärm (TA Lärm) geregelt [4.1.5.21]. Die darin festgelegten Grenzwerte müssen auch von Windkraftanlagen eingehalten werden.

Auswirkungen auf die Tierwelt

Bei den negativen Auswirkungen auf die Tierwelt stehen Vögel und Fledermäuse im Vordergrund. Oft werden von Windkraftgegnern die Windkraftanlagen auch als Vogelschredder bezeichnet [4.1.5.6]. Auch wenn bei der staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburg versucht wird, die durch Windkraftanlagen getöteten Vögel zu erfassen, gibt es keine verlässlichen Zahlen [4.1.5.22]. Die Ursache dafür ist, dass keine systematische Erfassung stattfindet. Es existiert lediglich eine aufschlussreiche Studie des Michael-Otto-Instituts über Windkraft und Greifvögel [4.1.5.23]. Diese geht u.a. auf die Möglichkeiten der Vergrämung von Vögeln durch entsprechende Maßnahmen ein.

Bei der Diskussion über die Tötung von Vögeln durch Windkraftanlagen werden oft die Verluste durch andere Gefährdungen übersehen. Im Straßenverkehr und an Hochspannungsmasten verenden in Deutschland jährlich jeweils 5 bis 10 Millionen Vögel. Desweiteren ignoriert man gern die Verluste durch andere Energieerzeugungsanlagen. Eine Metastudie aus den USA weist darauf hin, dass durch Kohlekraftwerke je GWh fast 20 mal soviel Vögel getötet werden als durch Windkraftanlagen [4.1.5.24].

Bei Fledermäusen ist die Datenlage noch schlechter. Dies liegt sicher daran, dass sie hauptsächlich nachtaktiv und klein sind. Auch hier versucht die staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg die durch Windkraftanlagen getöteten Fledermäuse zu erfassen [4.1.5.22]. Eine Bedrohung ist bei Fledermäusen jedoch nur bei hochfliegenden Arten gegeben; zum Beispiel bei den Wanderungen des Großen Abendseglers (*Nyctalus Noctula*). Bei allen Fledermäusen muss demgegenüber berücksichtigt werden, dass die größte Bedrohung die Einschränkungen ihres Lebensraumes und ihrer Nahrungsgrundlage von der modernen Landwirtschaft ausgeht. Auch sind keine Daten verfügbar wie viele Fledermäuse durch den Straßenverkehr und an Hochspannungsmasten getötet werden.

Zukünftige Weiterentwicklung der Windkraftanlagen

Bei der Weiterentwicklung der Windkraftanlagen sind 2 Tendenzen zu beobachten. Zum Einen geht die Entwicklung hin zu immer größeren Anlagen, speziell für den Offshore-Bereich. Bauhöhen über 150 m und Rotordurchmesser über 100 m sind heute eher Standard als Ausnahme. Zum anderen werden Anlagen für schwächere Windverhältnisse entwickelt und auf den Markt gebracht.

Die aktuellen Ausbaupläne sehen einen verstärkten Ausbau sowohl von Offshore-Anlagen als auch von Onshore-Anlagen vor allem in Norden Deutschlands vor.

Offshore-Windkraft

Offshore-Windparks sind industrielle Großanlagen, die nur von Großkonzernen errichtet werden können und große Mengen von Strom an einem Punkt liefern. Diese entsprechen in ihren Auswirkungen auf die Netzinfrastuktur heutigen fossilen Großkraftwerken. Sie stehen deshalb im Widerspruch zu einer dezentralen Energieversorgung. Für den Transport des erzeugten Stromes ist ein weiterer Ausbau der Übertragungsnetze erforderlich. Der dazu notwendige Bedarf an Stahl und Kupfer ist in Tabelle 4.1 nicht enthalten.

Zum 31.12.2015 war eine Leistung von 3,3 GW Offshore-Windkraft an das Stromnetz angeschlossen [4.1.5.25]. Sie soll nach den Vorgaben des EEG bis zum Jahr 2030 auf 15 GW ausgebaut werden [4.1.5.26]. Damit ist lt. EEG mit einer Stromerzeugung von ca. 60 TWh im Jahr 2050 zu rechnen. Aufgrund der vergleichsweise hohen Kosten für die Stromerzeugung und der damit verbundenen Notwendigkeit, die Kapazität der Stromübertragungsnetze zu erweitern, halten wir einen weiteren Ausbau nicht für sinnvoll. Hinzu kommt, dass trotz dieses erheblichen Aufwands, nur ein kleiner Teil (ca. 5%) der erforderlichen Stromerzeugung durch Offshore-Windkraft gedeckt werden kann. Deshalb lehnen wir die in der Politik erkennbare Fokussierung auf große Offshore-Windparks ab.

Onshore-Windkraft

Auch für Onshore-Windkraftanlagen gilt, dass deren Ausbau nach den derzeitigen Plänen der Bundesregierung dominant im Norden vonstatten gehen soll, obwohl dort weniger Strom benötigt wird als im stärker industrialisierten Süden Deutschlands. Dieser Ansatz steht, genau wie die großen Offshore-Windparks, im Widerspruch zu einer dezentralen Energieversorgung. Er erfordert zusätzliche Kapazitäten des Übertragungsnetzes, um den erzeugten Strom weiträumig zu verteilen.

Neben den Kosten für den Ausbau der Übertragungsinfrastruktur ist der wachsende Widerstand der Bevölkerung gegen die HGÜ-Trassen ein weiterer Grund für eine kritische Betrachtung des Ansinnens, das Kerngebiet für die Windkraft im deutschen Norden zu suchen.

Ein weiterer Ausbau von Windkraftanlagen ist nur dezentral sinnvoll. Diese Art des Ausbaus würde auch Bürgerenergiegenossenschaften die Möglichkeit bieten, Bürgerwindräder zu errichten. Mit dem EEG2016 wurde auch für Windkraftanlagen das bereits seit 2014 für PV Freiflächenanlagen geltende Ausschreibungsverfahren eingeführt. Die entsprechende konkrete Verordnung lag bei Erstellung dieses Dokuments noch nicht vor. Die Erfahrungen aus der 2014er PV-Anlagenverordnung legen jedoch den Schluss nahe, dass auch das neue Papier verschärfende Bedingungen für weniger finanzkräftige Investoren, wie Bürgerenergiegenossenschaften enthalten könnte. Z.B. vermuten wir, dass diese Genossenschaften Ihre Vorlaufkosten, u.a. für Windstragutachten, nicht ersetzt bekommen.

Natürlich werden auch dezentral gebaute Windkraftanlagen in der Bevölkerung zunehmend kritisch betrachtet. Vor allem dieser Aspekt wird den weiteren Ausbau der Windkraft tendenziell bremsen.

4.1.6 Stromerzeugung mit Photovoltaikanlagen

PV-Anlagen nutzen den photoelektrischen Effekt zur direkten Umwandlung von Licht in elektrische Energie. Die ersten Einsätze erfolgten ab den Ende der 1950iger Jahre bei Satelliten.

Während Solarzellen ursprünglich aus monokristallinem Silizium gefertigt wurden, sind inzwischen auch preiswerter herstellbare polykristalline bzw. amorphe Solarzellen verfügbar. Darüber hinaus konnte der Wirkungsgrad deutlich gesteigert werden. Inzwischen sind Wirkungsgrade von ca. 20% bei kommerziellen Solarzellen Standard. In Entwicklungslaboren wird bereits an Solarzellen mit Wirkungsgraden von über 40% gearbeitet [4.1.6.1].

Weil PV-Anlagen von der Sonneneinstrahlung abhängig sind, können sie nicht kontinuierlich Strom produzieren. Die Bundesnetzagentur gibt für PV Anlagen eine gesicherte Leistung von 0% an. Dies ist insofern verständlich, da PV Anlagen in der Nacht keinen Strom liefern können. Dieser Umstand wird von Kritikern gerne angeführt, um die generelle These zu postulieren, PV-Anlagen seien für die Stromerzeugung untauglich [4.1.6.2]. Wie bei der Windkraft wird hierbei oft der Begriff „Flutterstrom“ gebraucht.

Allein die Tatsache, dass sich PV-Anlagen in Deutschland inzwischen vielfach bewährt haben führt o.g. These ad absurdum. Richtig ist jedoch, dass für die Sicherung einer kontinuierlichen Stromversorgung zwingend eine Kombination mit entsprechenden Speichertechnologien erforderlich ist. Solche Speichertechnologien spielen jedoch in den aktuellen Szenarien der Bundesregierung, abgesehen von Batteriespeichern für Haushalte absolut keine Rolle.

In Deutschland waren Ende 2015 PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 39.7 GW installiert [4.1.6.3].

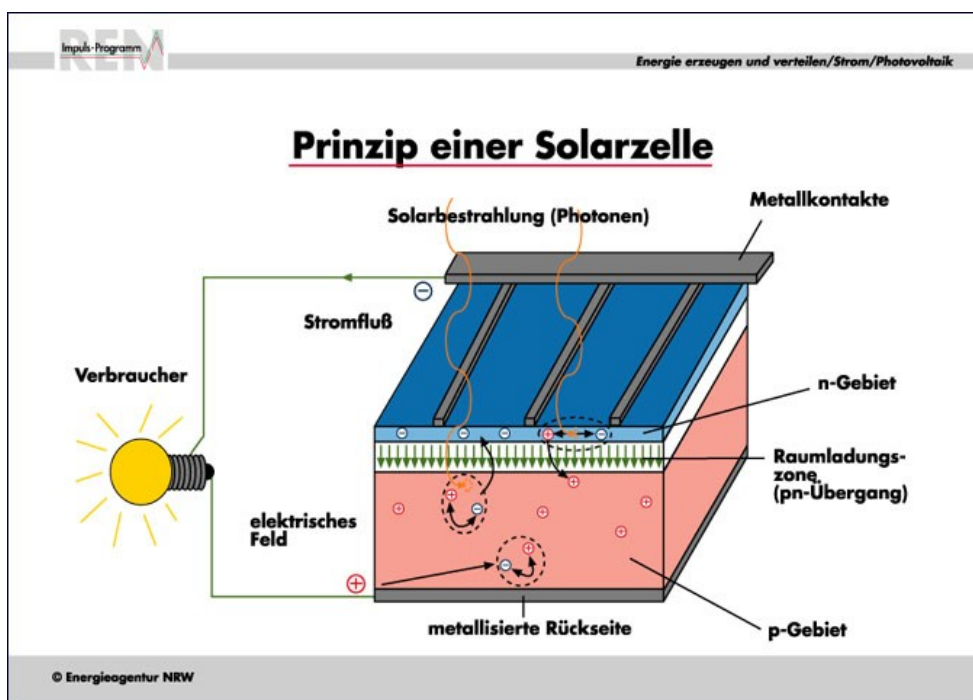


Abbildung 4.7: Prinzip einer Solarzelle; aus <http://www.sotech.de/images/solarzelle.jpg>

Diese speisten 2015 insgesamt 38.5 GWh Strom ins deutsche Netz ein [4.1.6.4]. Die Verteilung der PV-Anlagen in Deutschland ist jedoch nicht gleichmäßig. Die höhere Sonneneinstrahlung im Süden prädestiniert vor allem die südlichen Bundesländer für die Installation von PV-Anlagen.

Der weitere Ausbau von PV Anlagen wurde durch die EEG Novelle 2014 [4.1.6.5] stark abgebremst. Besonders der Ausbau von Freiflächenanlagen erfuhr durch das neue Ausschreibungsmodell starke Einschränkungen. Die Details der Ausschreibungen sind in der Verordnung [4.1.6.6] geregelt. Darin wird die Bundesnetzagentur beauftragt, für Freiflächenanlagen jährlich 400 MW Leistung auszuschreiben. Nur diejenigen Anbieter, die bei der Ausschreibung den Zuschlag bekommen, erhalten eine Vergütung nach dem EEG.

Zum Schutz der europäischen Hersteller von Solarmodulen werden auf chinesische Solarmodule Strafzölle erhoben. Dies geschah vor allem auf Betreiben deutscher Hersteller wegen angeblicher Dumpingpreise. Dies führte zu einer signifikanten Verteuerung von Solarmodulen im EU-Raum gegenüber üblichen Weltmarktpreisen [4.1.6.7].

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung muss man drei Faktoren berücksichtigen:

1. Flächenverbrauch
2. Rohstoffverbrauch für die PV-Module
3. Recycling von alten PV-Modulen

Flächenverbrauch

Der Flächenbedarf für die Erzeugung elektrischer Energie durch PV Module wird oft und von manchen Meinungsmachern auch ganz bewusst als unannehmbar hoch beziffert. Wir verweisen an dieser Stelle auf Kapitel 4.4, in dem wir diese Darstellungen mathematisch widerlegen.

Demnach sind nur 1,3 bis 1,7% (abhängig vom Wirkungsgrad der Module) der Fläche Deutschlands für eine, den Bedarf von 2050 deckende Stromerzeugung durch PV-Module vonnöten. Da Solarmodule hauptsächlich im Siedlungsraum zum Einsatz kommen, bleiben die durch Photovoltaik notwendigen Eingriffe in die Natur überschaubar.

Rohstoffverbrauch

PV Module bestehen hauptsächlich aus folgenden Komponenten:

a) Glasscheiben

Glas ist ein Schmelzprodukt, das hauptsächlich aus Quarzsand, Soda und Pottasche besteht. Dies alles sind Rohstoffe, die häufig in der Natur vorkommen bzw. aus häufig vorkommenden Elementen hergestellt werden können. Somit besteht keine Gefahr von Ressourcenengpässen, die die Massenfertigung von PV-Modulen einschränken könnten.

b) Aluminiumrahmen

Ausführliche Betrachtung zum Aluminium s. 4.2

c) Solarzellen

s. ebenfalls 4.2

d) Kupferleitungen

Kupfer ist ebenfalls ein weit verbreiteter Rohstoff, der ausreichend zur Verfügung steht und darüber hinaus hohe Recyclingquoten aufweist. Somit besteht auch bei Kupfer keine Gefahr von Ressourcenengpässen.

Recycling alter PV Module

Beim Recycling von alten PV Modulen können heute über 90% der verwendeten Materialien wiedergewonnen und erneut in den Produktionsprozess eingebracht werden.

Das Recycling von Glas, Aluminium, Silizium und Kupfer erfolgt mit bewährten Techniken, deren Ökobilanz, verglichen mit der primären Gewinnung dieser Stoffe sich deutlich positiver darstellt.

Bislang existiert keine bewährte Technik für das Recycling der Kunststoffdichtungen bzw. Folien die fest auf den Glasscheiben bzw. Solarzellen laminiert sind.

Zukünftige Weiterentwicklung der PV-Nutzung

Für die Zukunft ist eine weitere Zunahme der PV-Nutzung zu erwarten, obwohl bereits 2014 mit dem EEG der weitere Zubau eingeschränkt wurde [4.1.6.5].

Durch weitere Verbesserungen der Produktionstechnik sind weitere Kostenreduktionen bei der Herstellung von PV-Modulen zu erwarten. Kurzfristig von Bedeutung ist hierbei der Ausgang des Anti-Dumping-Verfahren gegen China [4.1.6.8]. Die per Gesetz erlassene künstliche Verteuerung der Module zugunsten europäischer Hersteller wird auf lange Sicht nicht durchsetzbar sein.

Betrachtet man die Zukunft der PV-Module aus technischer Sicht, stößt man bereits auf Labormuster von Produkten, die nicht auf Silizium basieren. PV-Module auf Basis von Galliumarsenid bzw. Galliumindiumphosphid/Galliumindiumarsenid bieten einen deutlich höheren Wirkungsgrad als siliziumbasierte PV Module. Momentan sind sie jedoch noch zu teuer.

Auch organische PV-Module und Perowskimodule bilden momentan ein erfolgversprechendes Forschungsgebiet [4.1.6.9]. Mittelfristig ist mit der Marktreife entsprechender Module zu rechnen.

Welche dieser Solarmodule sich am Markt durchsetzen werden, kann momentan nicht abgeschätzt werden. Dies ist vor allen eine Frage der Kosten-Nutzen Relation. Für die Nutzung der Sonne als Energiequelle zur Stromerzeugung ist die konkret verwendete Technologie jedoch nicht wirklich von Bedeutung.

Für die Aufstellung von PV-Anlagen eröffnet sich, wie bereits oben erwähnt, ein breites Zukunftspotential. Zum Beispiel sind Solarwege [4.1.6.10] [4.1.6.11] denkbar, die einen weiteren Beitrag zur effektiven Flächennutzung zum Zwecke der Energiegewinnung liefern könnten.

PV-Anlagen stellen insgesamt betrachtet die umweltverträglichste Form von erneuerbaren Energien dar. Die Akzeptanz in der Bevölkerung ist ebenfalls sehr hoch. Deshalb sollten sie auch die Hauptlast der zukünftigen Stromversorgung tragen.

4.2 Verfügbarkeit von Rohstoffen

Die Verfügbarkeit von Rohstoffen ist neben der Bevölkerungsakzeptanz eines der Hauptkriterien in der Bewertung der Durchführbarkeit der Umstellung auf erneuerbare Energien. Die theoretische Möglichkeit einer Energiewende ist sofort zum Scheitern verurteilt, wenn die dafür notwendigen Rohstoffe nicht in ausreichendem Maße unter ökonomisch vertretbaren Kosten bereitgestellt werden können.

Im Folgenden wird deshalb die Verfügbarkeit der Rohstoffe näher betrachtet, die für eine vornehmlich von Photovoltaik- und Windkraftanlagen getragene Energiewende notwendig sind. Dabei werden nur solche Rohstoffvorkommen berücksichtigt, die mit bewährter Technologie kostengünstig abgebaut werden können.

Aluminium

Aluminium kommt als chemisches Element zu 8,2 Masseprozent in der Erdkruste vor und ist damit nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element.

Trotz dieses hohen Anteils an der Zusammensetzung der Lithosphäre kann Aluminium nur aus dem Mineral Bauxit mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand gewonnen werden.

Die weltweiten Bauxitvorkommen werden auf 55 bis 75 Mrd. Tonnen geschätzt. Im Jahr 2015 wurden 58,3 Millionen Tonnen Aluminium aus Bauxit erzeugt [4.2.1]. Unter Zugrundelegung dieser beiden Zahlen reichen die Bauxitvorkommen also noch mehrere hundert Jahre. Ein Mangel an Aluminium ist deshalb nicht zu befürchten.

Hinzu kommt, dass sich Aluminium aufgrund seines relativ niedrigen Schmelzpunktes von 660°C relativ einfach von anderen Metallen trennen und damit gut recyceln lässt.

Die primäre Aluminiumerzeugung aus Bauxit ist sehr energieintensiv.

Silizium

Solarzellen werden aus Silizium gefertigt. Silizium ist das zweithäufigste Element der Erdkruste (28 Masseprozent) [4.2.2]. Auch wenn die Gewinnung insbesondere sehr reinen Siliziums noch energieintensiver ist als die des Aluminiums, wird Silizium auf lange Sicht ausreichend zur Verfügung stehen.

Kupfer

Die weltweiten Kupfervorkommen werden auf 5,6 Mrd. Tonnen geschätzt. Im Jahr 2015 wurden 18,7 Millionen Tonnen Kupfer abgebaut [4.2.3]. Wie beim Aluminium führt eine Überschlagsrechnung zu der Erkenntnis, dass das Kupfer noch mehr als 100 Jahre reichen wird. Auch Kupfer kann relativ gut recycelt werden.

Eisen

Eisen ist seit dem Beginn der Eisenzeit zum wichtigsten von Menschen genutzten Metall geworden. Die weltweiten Eisenvorkommen werden auf 230 Mrd. Tonnen geschätzt [4.2.4].

Ein Mangel an Eisen ist deshalb auf lange Sicht nicht zu befürchten.

Seltene Erden

Die weltweiten Vorkommen an Seltenen Erden schätzt man auf 130 Millionen Tonnen. Im Jahr 2015 betrug die Produktion 124.000 Tonnen [4.2.5]. Die Gewinnung von Seltenerdmetallen ist extrem aufwendig. Hinzu kommt, dass ein Großteil der Produktion für elektronische Geräte, für die Fertigung von Spezialgläsern und für Beleuchtungsmittel verbraucht wird. Der Bedarf ist also, ganz unabhängig von den Mengen, die für Windkraftanlagen gebraucht werden, ziemlich hoch. Nicht zu vergessen ist darüber hinaus: Nur China verfügt über umfangreiche, erschlossene Vorkommen an Seltenen Erden und deckt über 90% der gesamten Weltproduktion ab. Der Rest der Welt besitzt zwar Lagerstätten (Russland, Brasilien, Indien, Australien, USA) diese warten jedoch zum Großteil noch auf ihre Erschließung. All diese Informationen zusammen genommen führen uns zu der Erkenntnis, dass es klug wäre, sich nicht nur hinsichtlich der erneuerbaren Energien aus der Abhängigkeit von Seltenerdmetallen zu begeben, indem man andere technische Lösungen verwendet.

Eine Studie des Umweltbundesamts [4.2.6] geht davon aus, dass für Windkraftanlagen vorwiegend Synchrongeneratoren mit Permanenterregung eingesetzt werden, die Seltene Erden benötigen.

[4.2.7] stellt demgegenüber Szenarien vor, in denen ein erheblicher Anteil von Generatoren ohne Seltene Erden in Betrieb genommen werden kann.

Dass diese Szenarien realistisch sind, kann man an der Entwicklung der 3,45 MW Linie der Firma Vestas sehen. Ursprünglich mit 3 MW Synchrongeneratoren ausgestattet werden sie aktuell mit 3,45 MW Asynchrongeneratoren ausgerüstet. Anlass für diesen Technologiewechsel war der Preisanstieg bei Permanentmagneten [4.2.8] [4.2.9].

Beton

Beton besteht aus Gesteinskörnung; Sand und Kies und Zement als Bindemittel. Durch die Zugabe von Wasser reagiert der Zement und es entsteht ein festes Baumaterial.

Jährlich werden in Deutschland 250 Millionen Tonnen Beton verbaut. Die Menge an Betonabfällen beträgt 130 Millionen Tonnen [4.2.10]. In der Regel erfolgt das Recycling durch Schreddern des Betonabfalls. Jedoch gibt es bereits Projekte, den Beton wieder in Gesteinskörnung und Zementmasse zu zerlegen. Damit sind Recyclingquoten von 80% möglich [4.2.11]. Der damit hergestellte RC-Beton erfüllt die technischen Anforderungen an Beton in vollem Umfang [4.2.10].

Auch für den in der Herstellung sehr energieintensiven Zement wird nach Ersatzstoffen gesucht [4.2.10]. Jedoch ist bei den Rohstoffen für die Zementherstellung kein Mangel in Sicht [4.2.12].

All diese Verbesserungen bei der Betonherstellung kommen auch den Betonbestandteilen von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie zugute.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass der Bau von PV Anlagen und Windkraftanlagen nicht durch Ressourcenengpässe begrenzt wird.

4.3 Zukünftige Stromerzeugung in Deutschland

Kritiker der Energiewende behaupten immer wieder, dass ohne Kohle- und Atomkraftwerke eine ausreichende Versorgung mit Elektroenergie mittel- und langfristig unmöglich wäre. Ihr zweites Argument ist die Behauptung, die Strompreise würden durch erneuerbare Energien stark ansteigen und damit den Wirtschaftsstandort Deutschland an sich gefährden. Diese beiden Thesen beruhen weniger auf Tatsachen, sondern sind viel mehr auf den Interessen bestimmter Lobbygruppen gegründet.

Schon der aktuelle Stand des Ausbaus erneuerbarer Energiequellen führt diese Denkweisen ad absurdum. Die negativen Auswirkungen müssten bei einem Anteil von mehr als 30% erneuerbarer Energien an der Stromproduktion im Jahr 2015 bereits spürbar sein[4.3.1].

Wir beschränken uns hier darauf, die bereits in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellten technischen Fakten zu Wind- und Solarenergie auf die Zukunft zu interpolieren, um die Behauptungen der Kritiker zu widerlegen. Wie die Stromlobby funktioniert, ist Gegenstand des Kapitels 5.

Wir weisen u.a. rechnerisch nach, dass es sehr wohl möglich ist, den Energiebedarf in Deutschland komplett, d.h. unter Einbeziehung des Verkehrs und der Wärmeversorgung, durch erneuerbare Energien zu decken. Dies setzt voraus, die Stromproduktion, wie bereits oben erläutert, von derzeit rund 600 TWh jährlich auf 1200 TWh bis 2050 zu erhöhen. Es geht also gar nicht darum, Strom zu sparen, sondern diesen effektiv zu produzieren und zu verteilen.

Die Stimmen der Kritiker

Deutschland ist zugepflastert mit PV-Anlagen. Überall verstellen Wälder von Windrädern die Sicht auf die freie Natur. Die Natur selbst ist zerstört. Von Gram gebeugte Gestalten schleppen sich mühsam dahin und hoffen, dass die nächste Stromsperre nicht allzu lange dauern möge. Aufgrund überbordender Kosten für Elektroenergie hat die Industrie Deutschland längst den Rücken gekehrt. Dieses einst so hoch entwickelte Land ist auf den Stand eines Agrarstaates zurückgefallen, über den sich die ganze Welt amüsiert.

In schöner Regelmäßigkeit werden uns Horrorszenarien wie dieses von den Gegnern der Energiewende zelebriert. Besondere Aufmerksamkeit erfährt die verfehlte Klima- und Energiepolitik der Bundesregierung vom Europäischen Institut für Klima und Energie e.V. (EIKE) [4.3.2]. Ein Institut – wie seriös das klingt!

Wir gehen in der Grundthese, dass die aktuelle deutsche Klima- und Energiepolitik nicht zielführend ist durchaus mit dem EIKE konform. Allerdings wirklich nur in dieser Grundthese und ganz und gar nicht in der Richtung. Wir kritisieren die politischen Maßnahmen in Richtung Migration zu erneuerbaren Energien als zu halbherzig, während das EIKE selbst diese Maßnahmen für übertrieben bis völlig überflüssig hält und nach wie vor Hohelieder auf Kern- und Kohlekraftwerke singt. Realsatire wider besseren Wissens ja sogar unter Missachtung von der Wissenschaft breit akzeptierter Erkenntnisse? Mitnichten – EIKE meint die eigenen Aussagen durchaus ernst.

In den Weiten des Internet findet man schon nach kurzer Suche Angaben zu Motivation, Vernetzung und finanziellen Abhängigkeiten der EIKE-Frontmänner [4.3.3].

Links zu Lobbypedia können sehr erhellend sein. Wir haben nachgeschaut, weil es immer von Vorteil ist, den Gegner und seine Motive zu kennen.

Diese 1200 TWh sollen zu 100% aus erneuerbaren Quellen stammen, d.h. PV-Anlagen, Wind- und Wasserkraft, Biogas und Biomasse werden unsere einzigen Energiequellen sein.

Technologien, die derzeit in Deutschland ihre Einsatzfähigkeit bzw. Marktreife noch nicht bewiesen haben, bleiben dabei unberücksichtigt. Mit diesem konservativen Ansatz bleibt unsere Beweisführung unabhängig von technischen Entwicklungsschritten, die möglicherweise nicht stattfinden.

In den Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.3 haben wir beschrieben, welchen Beitrag Wasserkraft, Biogas und Biomasse dazu leisten können. Diese Ergebnisse haben wir nochmals in folgender Tabelle zusammengefasst.

Erzeugungsart	Jährlich produzierte Strommenge [TWh]
Wasserkraft:	22,4
Biogas:	5,5
Biomasse:	2,0
Summe:	29,9

Tabelle 4.13: Für 2050 prognostizierte Strommengen aus Wasserkraft, Biogas und Biomasse

Somit verbleiben ca. 1.170 TWh, die durch PV- und Windkraftanlagen erzeugt werden müssen.-

Eine Grundsatzentscheidung ist demnach die Frage, in welchem Verhältnis diese beiden regenerativen Quellen an der Stromproduktion zukünftig beteiligt sein sollen.

Neben technischen und ökonomischen Aspekten spielen in der Beantwortung dieser Frage auch die sogenannten weichen Faktoren, wie die Akzeptanz in der Bevölkerung eine wichtige Rolle.

Technisch gesehen handelt es sich sowohl bei Windkraft- als auch bei PV-Anlagen um Lösungen, die ihre Marktreife bereits seit längerer Zeit unter Beweis gestellt haben. Dennoch gibt es bei beiden noch Entwicklungspotential, sowohl in der Technologie als auch bei der Optimierung der Produktion.

Für eine Beurteilung, ob PV- oder Windkraftanlagen die Hauptrolle in der Stromversorgung durch regenerative Energien spielen sollen, liefert die Tabelle 4.4 wichtige Anhaltspunkte.

Bei Windkraftanlagen muss in dieser Betrachtung zwischen Onshore- und Offshore-Anlagen unterschieden werden.

Zunächst fällt auf, dass die Rohstoff- und Recycling-Situation für den weiteren Ausbau von Windkraft und Photovoltaik sich sehr günstig darstellt. Dies wurde bereits im vorangegangenen Kapitel näher analysiert.

Hinsichtlich des Flächenbedarfs, schneidet die Photovoltaik in erster Betrachtung deutlich schlechter ab als die Windkraft. Jedoch ist der tatsächliche Flächenverbrauch relativ gering, solange man sich darauf fokussiert, den Siedlungsraum für die Installation kleiner und mittlerer Solaranlagen zu nutzen.

Die ökologischen Auswirkungen der Photovoltaik beschränken sich auf die recht energieintensive Produktion der Solarzellen. Im eigentlichen Betrieb schädigen Solarzellen die Umwelt nicht. Der Betrieb von Windkraftanlagen kann dagegen ökologische Probleme verursachen. Vor allem die Offshore-Windparks stellen sowohl im Bau als auch während des Betriebes erhebliche Eingriffe in Ökosysteme dar. Inwieweit Windkraftanlagen an Land die Natur schädigen, hängt prinzipiell von der Größe der für einen Windpark verwendeten Fläche ab und wofür die Fläche vor dessen Bau genutzt wurde. Durch die zunehmende Leistung neu installierter Anlagen wird sich die Anzahl der Windräder mittelfristig wieder verringern. Dieser Fakt wirkt sich tendenziell schonend auf die Natur aus.

Zum dezentralen Betrieb sind vor allem kleine und mittlere PV-Anlagen, aber auch das einzelstehende, durch eine Bürgergenossenschaft errichtete Windrad prädestiniert. Größere Installationen, gleich welcher Art, eignen sich hierfür hingegen nicht und verlangen darüber hinaus den weiteren Ausbau der Übertragungsnetze.

Bei den weichen Faktoren gibt es deutliche Unterschiede zwischen PV- und Windkraftanlagen. Der Protest gegen Windkraftanlagen nimmt immer mehr zu. Oft wird in diesem Zusammenhang die Energiewende an sich in Frage gestellt. Der Errichtung von PV-Anlagen begegnet die Bevölkerung dagegen eher positiv. Zum einen liegt das daran, dass Photovoltaik keinerlei

negativen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier hat, was bei Windkraft zumindest umstritten ist. Hinzu kommt der Fakt, dass vielen Bürgern selbst die Möglichkeit gegeben ist, PV-Anlagen privat zu betreiben.

Die Stromerzeugung durch Windkraftanlagen auf See ist die technisch aufwendigste [4.3.4] und damit auch teuerste. Die Stromgestehungskosten für neue Offshore-Anlagen betrugen im Jahr 2013 11,9 bis 19,4 ct/kWh; Onshore: 4,5 bis 10,7 ct/kWh; für ein Photovoltaik Großkraftwerk 7,9 bis 14,2 ct/kWh [4.3.5].

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) lässt an dieser Stelle politischen Gestaltungswillen erkennen. So wird die Kilowattstunde aus Offshore-Windkraft ungefähr 60% besser vergütet als die mit Photovoltaik gewonnene. Noch größer ist die Differenz zur Onshore-Windkraft. Diese erzielt per Definition des EEG nur noch ein Drittel des für Windkraft vom Meer gezahlten Preises [4.3.6].

	PV Anlagen	Onshore Windkraftanlagen	Offshore Windkraftanlagen
Verfügbarkeit von Rohstoffen	problemlos	problemlos	problemlos
Recycling	problemlos	problemlos	problemlos
Flächenbedarf	hoch	gering	gering
Flächenverbrauch	gering	gering	gering
Ökologische Auswirkungen	gering	Mittel bis hoch	hoch
Dezentraler Betrieb	Abhängig von Anlagengröße	Abhängig von Anlagengröße	nein
Anforderungen an Leitungsnetze	Abhängig von Anlagengröße	Abhängig von Anlagengröße	hoch
Gesundheitliche Auswirkungen	keine	unbekannt	Gering
Gesellschaftliche Akzeptanz	hoch	umstritten	umstritten
Mögliche Produzenten	Privathaushalte und Gewerbebetriebe Genossenschaften	Gewerbebetriebe und Genossenschaften	Nur Großunternehmen
Kosten	mittel	mittel	hoch

Tabelle 4.14: Vergleich von PV-Anlagen und Onshore-/ Offshore-Windkraftanlagen

Aus allen genannten Fakten lässt sich ableiten, dass der vollständige Umbau der Energiewirtschaft hin zu regenerativen Energiequellen zu einem großen Anteil durch die Nutzung der Sonnenstrahlung realisiert werden sollte.

Auf Windkraft kann nicht gänzlich verzichtet werden, jedoch sollte ihr Anteil im „Energemix“ mittelfristig deutlich geringer sein als der der Photovoltaik.

Daher fordern wir einen Energiemix, der im Jahr 2050 wie folgt aussehen könnte:

900 TWh Strom aus PV Anlagen und 270 TWh Strom aus Windkraftanlagen.

Das folgende Kapitel beleuchtet diesen Energiemix näher.

4.4 Sonne und Wind – Hand in Hand

Für die Migration der Stromerzeugung hin zu ausschließlich erneuerbaren Energien wurde ein Modell erstellt. Dieses ermittelt zunächst die durch Windkraft- und PV-Anlagen zu generierende Leistung, die den zukünftigen Bedarf an Elektroenergie vollständig abdecken kann.

Da jedoch sowohl Windkraft- als auch PV-Anlagen diskontinuierlich arbeiten, weil sie jeweils von Wind und Sonne abhängig sind, muss der erzeugte Strom z.T. gespeichert werden. Im zweiten Schritt unserer Modellrechnung geben wir deshalb die Speicherkapazitäten an, die notwendig sind, um Dunkelheit, Flaute und saisonale Schwankungen zu überbrücken.

4.4.1 Sonneneinstrahlung

Die Sonneneinstrahlung in Deutschland lässt sich relativ einfach mathematisch bestimmen. Die Solarkonstante und die Breitengrade von Deutschland sind bekannt. Allerdings berücksichtigt die vereinfachte Methode, mit der Solarkonstante zu rechnen, nicht die meteorologischen Phänomene (z.B. Wolken, Nebel, usw.) und liefert zu hohe Werte.

Die Solarkonstante...

...wurde 1982 von der Weltorganisation für Meteorologie in Genf festgelegt. Sie beschreibt die Intensität der senkrecht auf einer ebenen Fläche auftreffenden Sonnenstrahlung ohne Berücksichtigung der Atmosphäre. Als Beispiel könnte also der Solarkollektor eines Satelliten im erdnahen Raum dienen, der exakt in Richtung Sonne ausgerichtet ist.

Die Solarkonstante beträgt über das Jahr gemittelt 1.367 W/m^2 . Die Erdatmosphäre filtert ein gutes Viertel dieser Strahlung, so dass selbst bei klarem Wetter nur etwa 1000 W/m^2 auf dem Boden ankommen. Diese 1000 W/m^2 dienen deshalb als Normierungsgröße für die WP (= Wattpeak)-Angabe von Solarzellen [4.4.1.1]. Daneben gehen in diese Normierung die Standardtemperatur von 25°C und die Länge des Weges ein, den die Sonnenstrahlen durch die Erdatmosphäre zurücklegen. Dabei geht man nicht von einem senkrechten Einfallswinkel, sondern von einer Abweichung von 48° zur Senkrechten aus, um den Tageslauf der Sonne zu erfassen.

Das konkrete Solarmodul C-Si M60 hat eine Fläche von $1,643 \text{ m}^2$ bei einer Nennleistung von 250 WP. Bezogen auf 1 m^2 Kollektorfläche ist das eine Leistung von 153,4 WP. Diese Leistung sollte das Modul bei 1000 W/m^2 , bei 25°C und einem Strahlungseinfallswinkel von 48° erreichen. Die Angabe Wattpeak suggeriert eine Spitzenleistung, was insofern irreführend ist, weil diese Leistung unter günstigen Bedingungen sogar übertroffen werden kann.

Mehr Informationen zur Solarkonstante unter [4.4.1.2]

Besonders interessant ist die Aussage, dass die insgesamt auf der Erde auftreffende Strahlungsleistung der Sonne $174 \text{ PW} = 174.000 \text{ TW}$ beträgt. Der Jahresenergiebedarf der Menschheit betrug 2010 140 PWh. Die Sonne müsste also weniger als eine Stunde scheinen, um den Gesamtenergiebedarf der Weltbevölkerung für ein Jahr zu decken.

Deshalb wurde ein anderer Ansatz zur Bestimmung der Sonneneinstrahlung gewählt. Mit Hilfe eines Solarrechners, der o.g. Phänomene einschließt, also die effektive Sonneneinstrahlung zugrunde legt, wird ein realistischer Durchschnittsertrag für PV-Anlagen ermittelt. Die Eingangsparameter für den Solarrechner sind Messwerte der Sonneneinstrahlung, die an verschiedenen Orten in Deutschland über einen Zeitraum von 5 Jahren aufgezeichnet wurden

Wie funktioniert ein Solarrechner?

Solarrechner „kennen“ die Sonneneinstrahlung an einem geographischen Punkt und sind damit in der Lage, den Stromertrag, den eine PV-Anlage an diesem Ort erzielen kann, zu ermitteln.

Einfache Solarrechner berücksichtigen nur die Solarkonstante und den Breitengrad. Einen entscheidenden Einfluss auf den Ertrag von PV-Anlagen hat aber das Wetter. Es ist leicht einsehbar, dass dieser bei strahlendem Sonnenschein höher ist als bei bewölktem Himmel. Eine realistische Abschätzung des Ertrages von PV-Anlagen ist deshalb nur möglich, wenn auch statistische Wetterdaten mit in die Rechnung einbezogen werden. Dies geschieht heute bei vielen frei im Internet verfügbaren Solarrechnern. Zusätzlich werden konkrete Standortdaten wie Ausrichtung der Fläche, Dachneigung und eventuelle Beschattung berücksichtigt.

Beispiele für frei verfügbare Solarrechner sind [4.4.1.3] [4.4.1.4] [4.4.1.5].

Der Ertrag in Süddeutschland ist naturgemäß höher als im Norden. Dies impliziert das schon bei der Windkraft diskutierte Problem der ggf. notwendigen Ableitung entstehender Überschussproduktion (vgl. Aussagen zu Windkraft in 4.1.5).

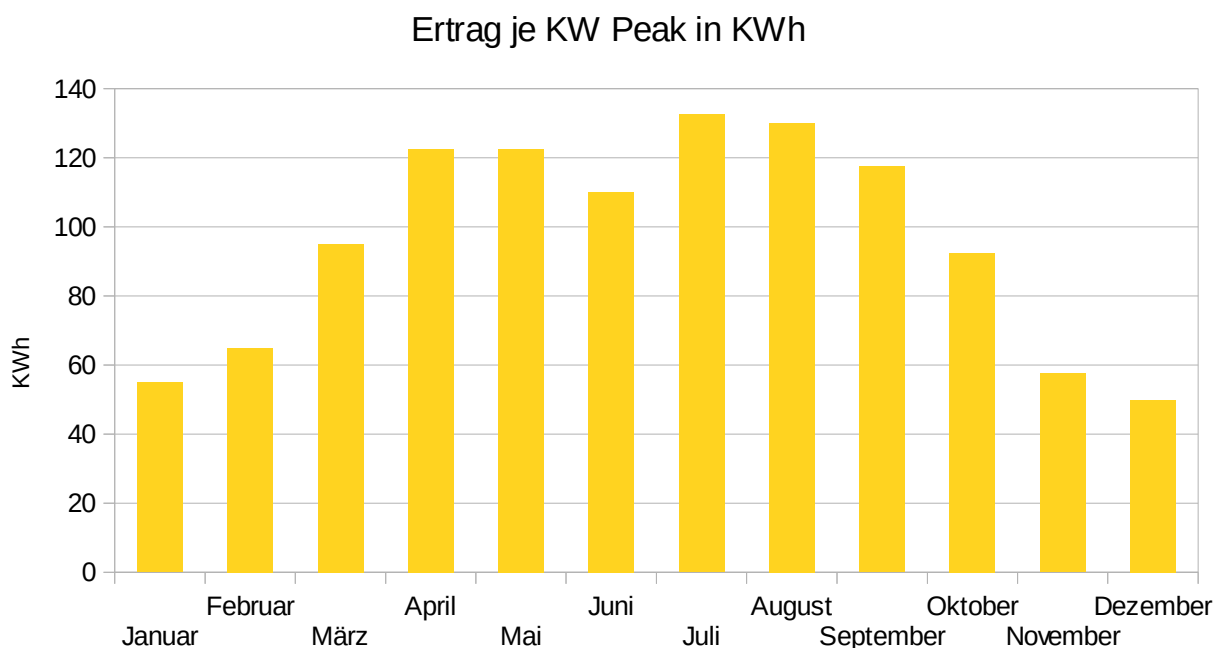


Abbildung 4.8: Monatliche Erträge je kWP installierter Leistung in kWh als über Solarrechner ermittelter 5 Jahresdurchschnitt in Deutschland

Benötigte Leistung für 900 TWh

Um zu einer Abschätzung zu kommen, wie viel PV-Leistung installiert werden muss, um die für das Jahr 2050 angepeilten 900 TWh zu produzieren, können diese Daten wie folgt verwendet werden:

Zunächst bildet man die Summe aus allen Monatserträgen und erhält aus dem Diagramm 4.8 1.150 kWh. Diese Energiemenge kann jährlich pro installiertem kWp erzeugt werden.

Folglich benötigt man

$1.000 \text{ TWh} / 1.150 \text{ kWh} = 1.000.000.000.000 \text{ kWh} / 1.150 \text{ kWh} = 782.608.695$ Einheiten, die ein kWp Leistung liefern. In handlichere Einheiten umgerechnet brauchen wir also ca. 782,6 GWP für 1000 TWh.

Benötigte Modulfläche für 782,6 GWP Leistung bzw. 900 TWh Ertrag

Aus dem oben gezeigten Zusammenhang, dass 1 m² Modulfläche etwa 150 WP bei einem Wirkungsgrad von 20% liefert, können wir auf die für 900 TWh benötigte Gesamtfläche schließen:

$$782,6 \text{ GWP} / 150 \text{ WP/m}^2 = 782.600.000.000 \text{ WP} / 150 \text{ WP/m}^2 = 5.217.000.000 \text{ m}^2 = 5.217 \text{ km}^2.$$

Bei einem Wirkungsgrad von 25% liefert 1 m² Modulfläche etwa 187 WP. Die Flächenberechnung sieht dann wie folgt aus:

$$782,6 \text{ GWP} / 187 \text{ WP/m}^2 = 782.600.000.000 \text{ WP} / 187 \text{ WP/m}^2 = 4.174.000.000 \text{ m}^2 = 4.176 \text{ km}^2.$$

Wirkungsgrad und benötigter Modulfläche sind bei gleicher Leistung indirekt proportional zueinander; d.h. jedes Prozent mehr Wirkungsgrad verringert die benötigte Fläche um ein Prozent.

Interpretation der Ergebnisse

Die Zahlen für den Flächenbedarf erscheinen auf den ersten Blick recht hoch. Wenn man jedoch die Gesamtfläche der Bundesrepublik von 357.375 Quadratkilometer dazu in Relation setzt, ist der Bedarf gering. Es werden rein rechnerisch lediglich 1,17 bis 1,46% der Fläche Deutschlands für eine bedarfsgerechte Stromerzeugung durch PV-Module benötigt.



Abbildung 4.9: Solarzellen an einer Autobahn.

bleiben damit natürlich noch über 80% zur Realisierung des Gesamtziels. Ganz ohne die Errichtung von Solarparks auf freien Flächen wird es nicht erreichbar sein. Allerdings müssen diese freien Flächen nicht zwingend der Natur entzogen werden. Es gibt genügend kreative Ideen zur Installation von PV-Anlagen; etwa Solarwege, PV-Module an Schallschutzwänden oder Böschungen entlang von Verkehrswegen, PV-Module an Gebäudefronten (Flächenverbrauch hier gleich null) usw., die kaum ökologische Auswirkungen haben.

Laut Statistischem Bundesamt waren im Jahr 2014 insgesamt 16.562 km² durch Wohn-, Gewerbe- und Betriebsflächen belegt [4.4.1.6]. Diese Fläche ist für die Natur ohnehin verloren. Schon durch die konsequente, hinsichtlich des Flächenverbrauchs neutrale Nutzung geeigneter Dächer innerhalb dieses Siedlungs- und Wirtschaftsraums ließen sich gemäß einer schon etwas älteren Studie aus dem Jahre 2010 allein 161 GWP (= 20,5% der insgesamt benötigten) Solarleistung installieren [4.4.1.7]. Da sich der Wirkungsgrad der Module seither erhöht hat, dürfte diese Zahl inzwischen höher liegen. Es

Insgesamt gesehen kann also keineswegs, wie es Kritiker der Energiewende immer wieder gerne behaupten, von einem mit PV-Modulen überdachten Deutschland die Rede sein. Derartige Äußerungen sind vollkommen unseriös, wie wir durch elementare Mathematik soeben gezeigt haben.

4.4.2 Windkraft

Für die Stromerzeugung durch Windkraftanlagen gibt es keinen, der Solarkonstante vergleichbaren und damit einfach fassbaren Eingangsparameter, mit dem man erzielbare Erträge grob abschätzen könnte. Deshalb haben wir die durch Windkraftanlagen im Jahr 2015 insgesamt erzeugte Energie als Basis für unsere Berechnungen verwendet [4.4.2.1].

Diese Herangehensweise liefert prinzipiell zu geringe Ergebnisse. Bei längeren Autofahrten kann man immer wieder beobachten, dass ein Teil der Windräder trotz ausreichenden Windes stillsteht. Begründet wird dies häufig mit einem zu hohen Stromangebot, ohne näher zu erläutern, woher das Überangebot kommt.

In der folgenden Grafik sind die Erträge pro Monat aufgeführt.

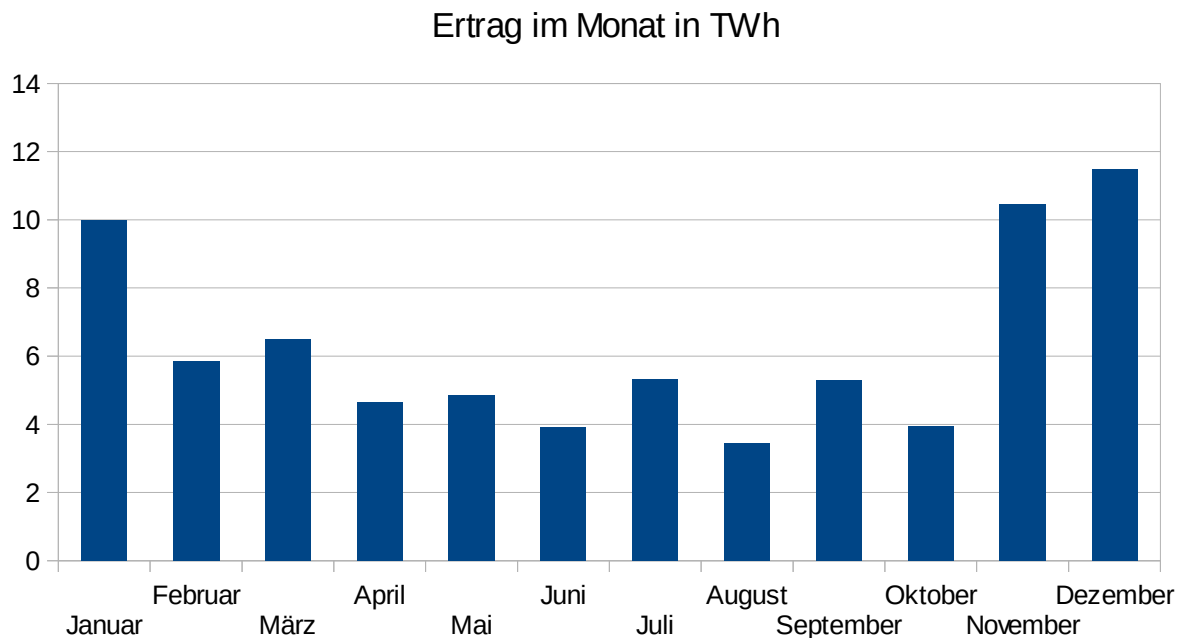


Abbildung 4.10: Monatliche Erträge durch Windkraft im Jahre 2015 – Summe 76 TWh

In 4.1.5 wurde die 2015 insgesamt installierte Leistung von Windkraftanlagen bereits erwähnt: 41,65 GW onshore und 2,28 GW offshore = 43,93 GW.

Diese Werte und die Ertragswerte aus Abbildung 4-10 bilden die Grundlage für die folgenden Berechnungen. Die hier vorgenommene Abschätzung ist freilich etwas gröber als die hinsichtlich der PV-Anlagen, da wir als Datenbasis nur ein Jahr zugrunde legen konnten.

Benötigte Leistung für 270 TWh

Sie ergibt sich ganz einfach aus einer Dreisatzrechnung $270 \text{ TWh} / 76 \text{ TWh} = x \text{ GW} / 43,93 \text{ GW}$.

Die für das Jahr 2050 benötigte Gesamtleistung an Windkraft zur Produktion der von uns angepeilten 270 TWh beträgt demnach etwa 156 GW.

Anzahl benötigter Anlagen:

In Anzahl Anlagen umgerechnet erhalten wir:

Durchschnittliche Leistung aller Anlagen [MW]	Anzahl benötigter Anlagen
3 (bereits überholt)	52.000
5 (pessimistisch für 2050)	31.200
7 (realistisch für 2050)	22.285
10 (optimistisch für 2050)	15.600

Tabelle 4.15: Anzahl Windkraftanlagen für 270 TWh jährlichem Stromertrag in Abhängigkeit ihrer durchschnittlichen Leistung

Wir bedienen uns an dieser Stelle wiederum des Sprachgebrauchs der Energiewende-Gegner und können konstatieren, dass aufgrund der technischen Entwicklung bis 2050 definitiv keine „Verspargelung der Landschaft“ durch immer mehr Windräder droht. Im Gegenteil – schon bei einer durchschnittlichen Leistung von 7 MW wäre 2050 die Anzahl der installierten Anlagen geringer als die bereits Ende 2015 in Betrieb befindlichen (> 26.000), obwohl dann mehr als die dreifache Menge Strom erzeugt werden muss.

4.4.3 Stromerzeugung nach dem Erneuerbaren Energiegesetz (EEG)

Das EEG aus dem Jahre 2000 ist nicht mehr, aber auch nicht weniger als eine Willenserklärung der Politik, den allgegenwärtigen Problemen der Erderwärmung und der Verknappung von Rohstoffen durch Umgestaltung der Energiewirtschaft zu begegnen.

Leider wohnt dem EEG eine für Gesetze untypische Dynamik inne. Es wird in kurzem Abständen novelliert, so dass es sehr wohl vorkommen kann, dass morgen nicht mehr gilt, was heute noch Gesetzestext ist. Mit jeder neuen Novelle werden die ursprünglichen Ziele des EEG weiter verwässert. Am Beispiel dieses Gesetzes kann jeder einigermaßen aufgeweckte und auf reine Fakten fokussierte Beobachter erkennen, wie die Politik von der Wirtschaft gelenkt wird. Dies widerspricht jedem Demokratieverständnis, denn eigentlich sollten doch die gewählten Volksvertreter dafür Sorge tragen, die Wirtschaft so zu steuern, dass sie dem Gemeinwesen dient.

Dieser Abschnitt widmet sich speziell den Vorgaben des EEG zur Photovoltaik und zur Windkraft und vergleicht diese mit unseren Forderungen.

Ausbau PV-Anlagen

Nach dem EEG 2016 [4.4.3.1] ist bei PV-Anlagen ein weiterer Ausbau von 2.500 MW Peakleistung pro Jahr geplant.

Wenn sich an den gesetzlichen Grundlagen nichts ändert und der Ausbau planmäßig erfolgt, bedeutet dies bis 2050 einen Zubau von 87.500 MW. Wenn außerdem alle heute existierenden PV-Anlagen erhalten bleiben bzw. durch neue ersetzt werden, würde dies einen Gesamtbestand von 125.800 MWP PV-Leistung ergeben.

Damit könnten lediglich ca. 144 TWh Strom produziert werden, was nicht einmal ansatzweise der von uns angepeilten Zielsetzung einer ehrlichen Energiewende hin zu erneuerbaren Energiequellen entspricht.

Ausbau Windkraft

Hinsichtlich Onshore-Windkraftanlagen ist lt. EEG 2016 ein weiterer jährlicher Ausbau von 2.800 MW Nennleistung bis zum Jahr 2019, ab 2020 von 2.900 MW geplant. Bei Offshore-Anlagen nennt das EEG bis zum Jahr 2020 ein Ausbauziel von insgesamt 6.500 MW Nennleistung. Bis zum Jahr 2030 wird ein Ausbauziel von 15.000 MW Nennleistung in Aussicht gestellt.

Unter der Annahme, dass sich an diesen per Gesetz festgeschriebenen Plänen nichts ändert und der Ausbau genau in dieser Art und Weise erfolgt, würde dies bis 2050 einen Zubau von insgesamt 110,6 GW bedeuten. Stellt man zusätzlich in Rechnung, alle heute in Betrieb befindlichen Windkraftanlagen werden noch existieren bzw. durch neue ersetzt, ergäbe sich eine Gesamtnennleistung von 154,5 GW. Damit würden sich unter Anwendung der Ergebnisse aus 4.4.2 ca. 267 TWh Strom erzeugen lassen. Damit liegen die Vorgaben des EEG sehr nahe an unserer Zielsetzung.

Mit erneuerbaren Energiequellen ließen sich lt. EEG

144 TWh (Sonne) +
267 TWh (Windkraft) +
30 TWh (Wasserkraft, Biomasse, Biogas) =
441 TWh Strom erzeugen.

Dies entspricht knapp drei Vierteln des derzeitigen Strombedarfs (2015: 614 TWh). Die EEG Vorgaben sind also meilenweit von unserem Ziel entfernt, den Strombedarf für das Jahr 2050 von 1.300 TWh zu 100% aus erneuerbaren Energiequellen abzudecken.

Entgegen dem der Öffentlichkeit gerne suggerierten Glauben, das EEG schreibe eine echte Abkehr von fossilen Energieträgern fest, mutiert es von Novelle zu Novelle immer mehr zur Mogelpackung.

4.4.4 Speicherbedarf

Ausgehend von der monatlichen Produktion und dem durchschnittlichen monatlichen Verbrauch ergeben sich folgende Werte der Einspeisung bzw. Entnahme von Strom aus geeigneten Speichern.

Speicheraufladung/Entladung im Monat

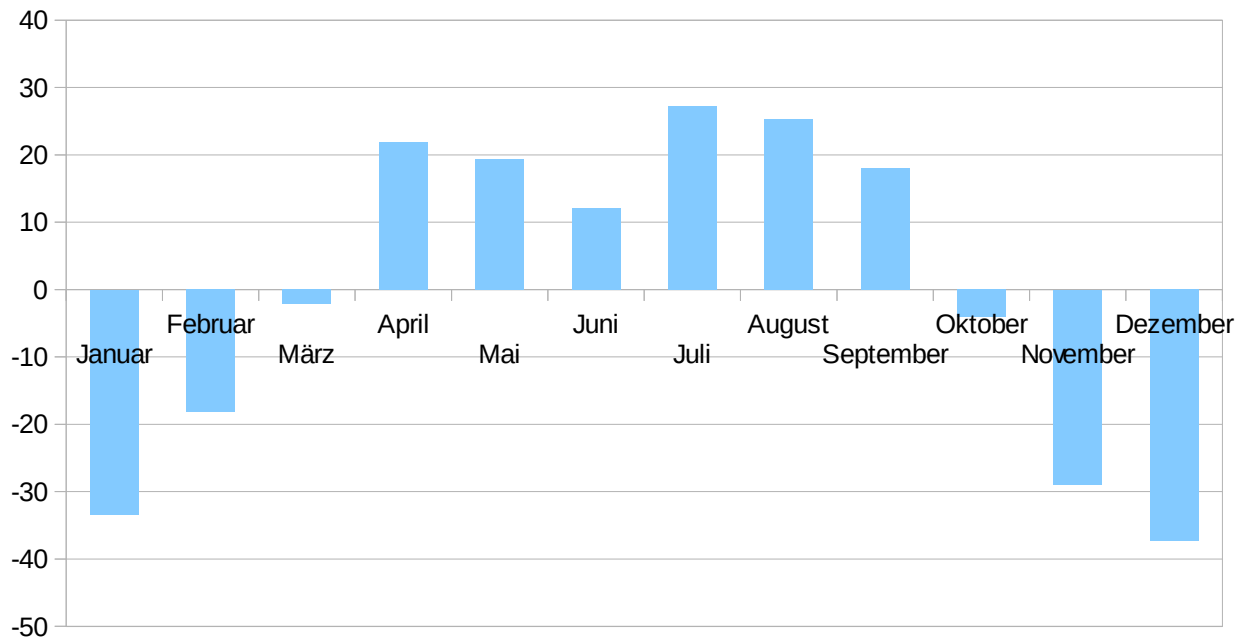


Abbildung 4.11: Monatlicher Speicherbedarf für Bereitstellung/Aufnahme von Elektroenergie 2050

Aus Abbildung 4-11 kann der Speicherbedarf ermittelt werden. Durch den Jahreszyklus bedingt ergibt sich im Winter ein Produktionsdefizit von 123 TWh (Summe Oktober bis März), das im Sinne einer kontinuierlichen Versorgung definitiv aus Speichern ausgeglichen werden muss. Dem steht ein Überschuss von ebenfalls 123 TWh (Summe April bis September) gegenüber.

Niemand kann garantieren, dass dieses jährliche Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch jedes Jahr erzielt wird. Deshalb wurde bereits in Kapitel 3 bei der Ermittlung des Bedarfs eine entsprechende Sicherheitsmarge eingerechnet.

Ab April ist die Stromerzeugung höher als der monatliche Stromverbrauch. Der Stromüberschuss steigt im Juli bis auf fast 28 TWh an. Von Oktober bis März wird dagegen weniger Strom produziert als benötigt. Ab April muss also der Stromüberschuss gespeichert werden, um das Defizit der „dunklen Monate“ auszugleichen.

Für die Speicherung des Bedarfs, der sich durch die saisonalen Schwankungen kann man natürlich Batteriespeicher verwenden. Diese werden sicherlich zumindest teilweise verwendet werden. Eine komplette Abdeckung ist jedoch bei der heutigen Technologie nicht wirtschaftlich darstellbar. Eine Alternative bietet das power to gas Verfahren.[4.4.4.1] Dabei wird mit Strom Wasserstoff erzeugt. In einen weiteren Verfahrensschritt kann dann Methan erzeugt werden. Bei Strombedarf wird aus dem Gas in GUD-Kraftwerken [4.4.4.2] wieder Strom erzeugt. Ein mögliches Problem stellt die Speicherung der großen Gasmengen dar. Bereits 2010 stellte jedoch die Fraunhofer-Gesellschaft fest das die Speicherkapazität des deutschen Erdgasnetzes 200 TWh beträgt [4.4.4.3]. Diese Kapazität ist mehr als ausreichend. Die Umwandlungsanlagen können dezentral in der Nähe der Anlagen zur Stromerzeugung errichtet werden. Einzig ein Anschluss an das Erdgasnetz muß vorhanden sein.

Da das Erdgasnetz das ganze Gebiet der Bundesrepublik abdeckt können die GUD-Kraftwerke ganz im Sinne einer dezentralen Energiewende bei Bedarfsschwerpunkten errichtet werden. Zudem können sie bei Bedarf kurzfristig angefahren werden und bieten die Möglichkeit schneller Laständerungen.

Als Verlustausgleich für die Gaserzeugung und Rückverstromung müssen 60 TWh zusätzlich erzeugt werden. Dies wurden aber bereits bei der Berechnung des zukünftigen Strombedarfs berücksichtigt.

4.5 Zukünftige Wärmeenerzeugung in Deutschland

Seit die ersten Urmenschen ihre Jagdbeute grillten und sich am offenen Feuer wärmten, wird von den Menschen Wärmeenergie genutzt. Sie ist damit die erste Energieform, die von Menschen verwendet wurde.

Heute wird Wärmeenergie in einem viel weiteren Umfang benötigt; von der Heizung unserer Wohnhäuser bis zum Schmelzen von Stahl und vielen anderen Anwendungen.

Der Wärmebedarf in Deutschland lässt sich aus den in Kapitel 2.4 getroffenen Ansätzen wie folgt bestimmen:

Bereich	Wärmebedarf
Private Haushalte	115,5 TWh
Wirtschaft und Verwaltung	444,6 TWh
Summe	560,1 TWh

Tabelle 4.16: Wärmebedarf in Deutschland im Jahre 2050

Diskutiert man die Thematik Wärmeenergie, muss man zwischen Nieder- und Hochtemperaturbereich unterscheiden.

Energie im Niedertemperaturbereich lässt sich relativ leicht, zum Beispiel durch Solarthermie gewinnen.

Im Hochtemperaturbereich, zum Beispiel bei der Stahlproduktion, ist dies nicht mehr möglich. Deshalb muss dieser Temperaturbereich durch Elektroenergie abgedeckt werden. Siehe zum Beispiel [4.5.1] [4.5.2].

4.5.1 Wärmepumpen

Wärmepumpen sind Maschinen, die thermische Energie von einem niedrigen Temperaturlevel auf ein höheres Temperaturlevel oder umgekehrt transformieren. Sie können demnach sowohl zur Heizung als auch zur Kühlung verwendet werden.

Zum Betrieb der Wärmepumpe wird Antriebsenergie benötigt. Dies kann Strom, Benzin, Diesel oder Gas sein. Im Sinne der kompletten Umstellung auf erneuerbare Energien gehen wir ausschließlich von strombetriebenen Wärmepumpen aus. Die für Wärmepumpen notwendige Strommenge wurde bereits bei der Abschätzung des zukünftigen Energiebedarfs im Kapitel 2.4 berücksichtigt.

Da Wärmepumpen die Umgebungstemperatur nutzen, wird die Elektroenergie nicht 1:1, wie etwa bei einem elektrischen Heizlüfter, in Wärme umgewandelt. Wie der Name „Wärmepumpe“ vermuten lässt, geht es vielmehr nur um den Wärmetransport. Dieser lässt sich deutlich effizienter gestalten. Man spricht in diesem Zusammenhang oft von der Arbeitszahl einer Wärmepumpe. Eine von vielen Wärmepumpen erreichte Arbeitszahl von 2,5 bedeutet, dass sich aus 1 kWh Elektroenergie 2,5 kWh Heizenergie erzeugen lassen.

Eine Wärmepumpe braucht neben der Antriebsenergie demnach ein Medium, dem die Energie entnommen wird. Am gebräuchlichsten sind:

- Außen- und Abluft,
- Erdwärme (oberflächennahe Geothermie),
- Wasser.

Wärmepumpen gewinnen bei Wohnungsheizungen immer mehr an Bedeutung. Im Jahr 2015 wurden bereits 31,4% aller fertiggestellten Wohngebäude durch Wärmepumpen beheizt [4.5.1.1].

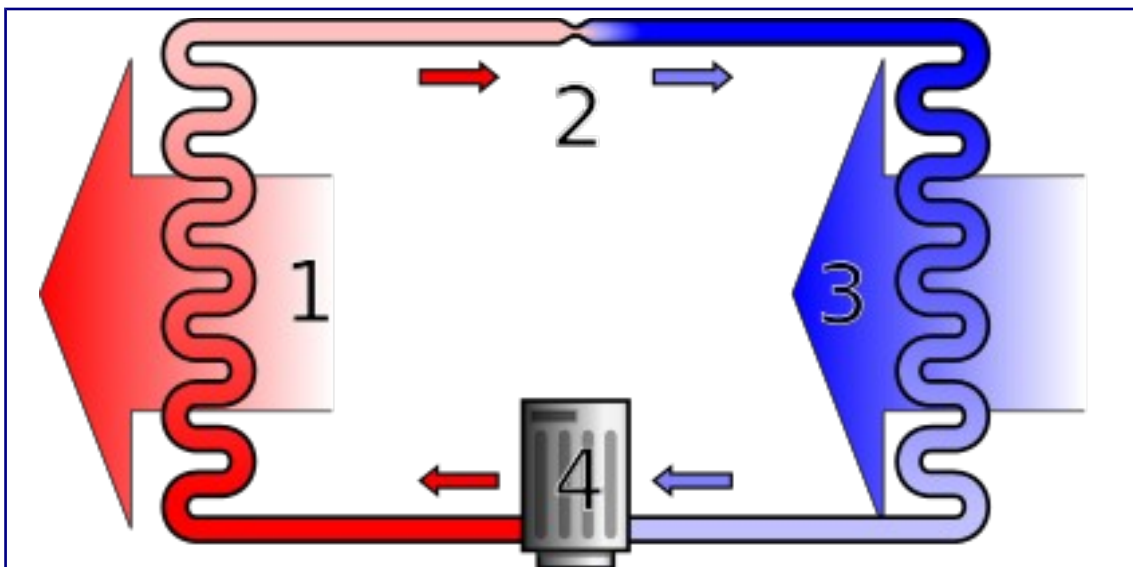


Abbildung 4.12: Prinzipdarstellung einer Wärmepumpe

Schaubild des Wärmefflusses (große Pfeile) und des Kältemittels (kleine Pfeile) einer Kompressionswärmepumpe (vgl. [Kompressionskältemaschine](#)):

- 1) Kondensator,
- 2) Drossel,
- 3) Verdampfer,
- 4) Kompressor

Dunkelrot: Gasförmig, hoher Druck, sehr warm
Rosa: Flüssig, hoher Druck, warm
Blau: Flüssig, niedriger Druck, sehr kalt
Hellblau: Gasförmig, niedriger Druck, kalt

[<https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmepumpe#/media/File:Heatpump2.svg>]

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung von Wärmepumpen sind drei Faktoren zu berücksichtigen:

1. Flächenverbrauch,
2. Rohstoffverbrauch,
3. Recycling von alten Anlagen.

Flächenverbrauch

Durch die Nutzung von Wärmepumpen ergibt sich kein nennenswerter Flächenbedarf. Sie gehören alternativ zu anderen Heiz-/Kühlanlagen zur üblichen Installation moderner Gebäude.

Rohstoffverbrauch

Bei der Herstellung von Wärmepumpen und der Kollektorflächen werden keine seltenen Rohstoffe verwendet. Deshalb ist auch keine Nutzungseinschränkung durch einen Mangel an Rohstoffen zu erwarten.

Recycling von alten Anlagen

Das Recycling von alten Anlagen stellt keine Probleme dar, da für alle verwendeten Komponenten entsprechende Verfahren existieren.

Zukünftige Weiterentwicklung der Nutzung von Wärmepumpen

Die Anwendung von Wärmepumpen wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Sie sind ein wichtiger Beitrag, fossile Brennstoffe für die Wärmeerzeugung zu ersetzen.

4.5.2 Solarthermie

Solarthermie ist die Nutzung der Sonnenenergie zur Erzeugung von Wärme.

Die Nutzung erfolgt durch Solarkollektoren. Es gibt zwar auch sogenannte Sonnenwärme-kraftwerke, diese sind aber wegen des Flächenbedarfs im dicht besiedelten Deutschland nicht relevant.

Für Solarkollektoren gibt es verschiedene Bauformen.



Abbildung 4.13: Solarkollektoren, links Flachkollektor rechts Röhrenkollektor

<http://www.dailygreen.de/wp-content/uploads/2011/01/solarthermie-its-solar.jpg>

Die Wärme der Sonne kann auch direkt, sprich ohne dem Umweg durch die Nutzung elektrischen Stroms zum Antrieb von Kältemaschinen, zur Kühlung bzw. Klimatisierung genutzt werden. Hier gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Verfahren. Beispielhaft sei hier auf die Absorptionskältemaschinen verwiesen, die vielen Besitzern von Wohnmobilen durch ihre Kühlschränke bekannt sind. Bei der Kühlung von Gebäuden sind diese direkten Verfahren

besonders effizient, weil zu Zeiten des höchsten Kühlbedarfs gleichzeitig die meiste solare Wärme zur Verfügung steht.

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung von Solarthermie muss man drei Faktoren berücksichtigen:

1. Flächenverbrauch,
2. Rohstoffverbrauch,
3. Recycling von alten Anlagen.

Flächenverbrauch

Da Solarthermieanlagen in der Regel auf bereits bestehende Dächer installiert werden, ergibt sich in der Regel kein zusätzlicher Flächenverbrauch.

Rohstoffverbrauch

Die unterschiedlichen Bauformen von Solarkollektoren verwenden keine seltenen Rohstoffe. Deshalb ist auch keine Nutzungseinschränkung durch einen Mangel an Rohstoffen zu erwarten. Die energetische Amortisationszeit beträgt, je nach System, zwischen 12 bis 24 Monaten [4.5.2.1].

Recycling von alten Anlagen

Das Recycling alter Anlagen stellt keine Probleme dar, da für alle verwendeten Komponenten entsprechende Verfahren existieren.

Zukünftige Weiterentwicklung der Nutzung von Solarthermie

Auch die Solarthermie leistet schon heute einen wichtigen Beitrag zur Einsparung fossiler Brennstoffe zum Zwecke der Wärmegewinnung. Perspektivisch wird dieser Anteil vermutlich weiter steigen. Allerdings steht die Solarthermie in direkter Konkurrenz zur Photovoltaik, weil die Kollektoren gewöhnlich auf Dächern montiert werden. Es kommt also darauf an, ein möglichst ausgewogenes Verhältnis zwischen beiden Technologien zu finden.

4.5.3 Biomasse

Insgesamt kommt in rund einem Viertel aller deutschen Privathaushalte Holz als Heizbrennstoff zum Einsatz, in erster Linie in Einfamilienhäusern. Insgesamt sind in diesem Bereich ca. 15 Millionen Einzelraumfeuerstätten wie Kamine und Kachelöfen vorhanden. Ältere Feuerstätten erfüllen oft nur den Zweck, bestehende Zentralheizungsanlagen im Sinne größerer Gemütlichkeit zu ergänzen. Moderne Kamine bzw. Kaminöfen haben inzwischen einen so hohen Wirkungsgrad, dass ihr Betrieb oft den Wärmebedarf ganzer Einfamilienhäuser fast vollständig decken kann.

Zunehmend greifen Privathaushalte und kleinere Gewerbebetriebe auch auf Zentralheizungen auf der Basis von Holz zurück. Allein die seit 2001 mit dem Marktanreizprogramm (MAP) geförderten, automatisch befeuerten Scheitholzheizungen, Hackschnitzelheizungen und Holzpellettheizungen bis 100 kW Leistung zählen deutschlandweit rund 250.000 Installationen [4.5.3.1].

Neben diesen reinen Heizungen gibt es noch Blockheizkraftwerke die mit Holz beheizt werden. Diese wurden bereits im Kapitel 4.1.2 behandelt.

Ökologische Betrachtung

Bei der ökologischen Betrachtung gelten die im Kapitel 4.1.2 gemachten Aussagen.

Zukünftige Weiterentwicklung der Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung

Vielen Raumheizungen droht durch verschärfte Umweltauflagen zukünftig die Stilllegung [4.5.3.2] [4.5.3.3] [4.5.3.4]. Feuerstätten, die diese Auflagen erfüllen, werden auch in Zukunft noch eine Rolle bei der Wärmeerzeugung spielen. Für Blockheizkraftwerke gelten die in Kapitel 4.1.2 gemachten Aussagen.

4.5.4 Strombasierte Wärmeerzeugung

Ökologische Betrachtung

Elektrischer Strom ist eine „edle“ Energieform weil er sehr vielfältig und praktisch universell einsetzbar ist. Elektroenergie wird durch eine lange Prozesskette aus unterschiedlichen Energieträgern erzeugt. Diese Prozesskette ist immer verlustbehaftet. Wir sollten also gut abwägen, in welchen Fällen es sinnvoll ist, den „edlen Strom“ in „unedle Wärme“ umzuwandeln. Zur Erzeugung von Warmwasser ist es z.B. viel effektiver, eine solarthermische Anlage anstelle einer Photovoltaik-Anlage zu nutzen. Der mögliche Wirkungsgrad einer solarthermischen Anlage beträgt bis zu 80%, der einer Photovoltaik-Anlage nur ca. 20%. Da beide Verfahren auf Sonnenenergie beruhen, könnte in diesem Beispiel jedoch auf Effizienzbetrachtungen verzichtet werden, solange der Strom für das Warmwasser ausschließlich über PV-Module erzeugt wird. Hinzu kommt, dass Solarthermie nur bis zu bestimmten Außentemperaturen funktioniert, Photovoltaik hingegen auch im tiefsten Winter.

Zukünftige Weiterentwicklung der Wärmeerzeugung durch Strom

In einigen Bereichen kann man auf die Wärmeerzeugung mittels elektrischer Energie nicht verzichten. Das sind vor allem industrielle Hochtemperaturprozesse. Zur Erzeugung hochreinen Stahls kommen häufig Elektrostahlöfen zum Einsatz. Bei diesen ist der Energieeinsatz sogar geringer als bei der klassischen Stahlerzeugung [4.5.4.1]. Auch zur Herstellung von Aluminium werden erhebliche Mengen an Elektroenergie benötigt. Die Erzeugung von Aluminium erfolgt mittels Schmelzflusselektrolyse. Pro Tonne erzeugtem Aluminium liegt der Elektroenergiebedarf zwischen 3,3 und 4,9 MWh [4.5.4.2].

In einer auf erneuerbaren Energien basierenden Wirtschaft, die Strom in ausreichender Menge bereitstellen kann, ist es keine allzu große Herausforderung, industriell benötigte Hochtemperaturen elektrisch zu erzeugen. Es ergeben sich daraus auch keine ökologischen Probleme, da der Strom ausschließlich aus erneuerbaren Quellen kommt. Es entfällt u.a. die Belastung der Atmosphäre mit schädlichen Gasen, die heute noch bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe zum Zwecke der Hochtemperaturerzeugung entstehen.

Es ist leicht einzusehen, dass die Erzeugung von Elektroenergie konzentriert an Standorten erfolgen sollte, an denen sich Großverbraucher befinden. Unter diesen Umständen ist die Errichtung von Offshore Windkraftanlagen in einem bestimmten Umfang gerechtfertigt. Großverbraucher wie Kupfer und Aluminiumhütten befinden sich z. B. in Hamburg. Keinesfalls sind diese Anlagen aber zur Versorgung des süddeutschen Raumes mit Elektroenergie notwendig oder gar sinnvoll.

Der für alle Industrieprozesse zusätzlich benötigte Strom wurde in der Bedarfsschätzung in Kapitel 2.4 bereits berücksichtigt.

Literaturverzeichnis Kapitel 4

4 Die Erzeugung der Energie von morgen	
4.1.1 Stromerzeugung durch Wasserkraft	
[4.1.1.1]	Energie macht Schule – Das Lehr- und Lernportal des BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.: Wasserkraft http://www.energie-macht-schule.de/content/wasserkraft
[4.1.1.2]	https://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Wasserkraft_aus_oekologischer_Sicht.pdf
[4.1.1.3]	http://sisre.ch/2011/04/smart-hydro-power-mikro-wasserkraftwerk-3/
[4.1.1.4]	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: "Schlussbericht: Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie", 2010 https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/schlussbericht-potentialermittlung-wasserkraftnutzung.pdf;jsessionid=14B201A6E8EF3BD877DD39EA07364EDB?__blob=publicationFile&v=3
[4.1.1.5]	Bundesverband deutscher Wasserkraftwerke: Potentiale http://www.wasserkraft-deutschland.de/wasserkraft/potentiale.html
4.1.2 Strom aus Biomasse	
[4.1.2.1]	http://www.biodigital.de/feste-biomasse/
[4.1.2.2]	http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Bioenergie-NachwachsendeRohstoffe/FNR-Basisdaten-Bioenergie-2013.pdf?__blob=publicationFile
[4.1.2.3]	http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/Bioenergie/_texte/Bioenergie.html
Weitere Informationen	
	Bund Naturschutz in Bayern e.V. http://www.bund-naturschutz.de/
	https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasseheizkraftwerk
	https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasse
	http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung_der_erneuerbaren_Energien_in_Deutschland/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2015.html [https://www.nabu.de/natur-und-

	landschaft/landnutzung/landwirtschaft/biomasse/kup.html]
	http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=3
	http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/s/c/schriftenreihe_band_36_web_01_09_15.pdf , 2015
4.1.3 Strom aus Biogas	
[4.1.3.1]	https://web.archive.org/web/20141214165348/http://media.repro-mayr.de/44/623744.pdf
[4.1.3.2]	https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/r/brosch-biogas-2013-web-pdf_1.pdf
[4.1.3.3]	Umweltbundesamt Hintergrund September 2015: "Stromsparen, Schlüssel für eine umweltschonende und kostengünstige Energiewende" https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hintergrundpapier_stromsparen_web.pdf , Seite 17 Abbildung 11
[4.1.3.4]	http://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/download/energie/Energie-Flyer/BN_informiert_biogas.pdf
[4.1.3.5]	http://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/
[4.1.3.6]	http://www.statistischesbundesamt.de/
[4.1.3.7]	https://www.bund-naturschutz.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Biomassenutzung_Positionspapier_Biogas.pdf
[4.1.3.8]	http://www.bund-naturschutz.de/
[4.1.3.9]	http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/
Weitere Informationen:	
	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Bioenergie-NachwachsendeRohstoffe/FNR-Basisdaten-Bioenergie-2013.html
	Fachverband Biogas e.V. http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/ID/DE_Homepage
	https://de.wikipedia.org/wiki/Biogas
	http://www.onmitan.de/
	http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung_der_erneuerbaren_Energien_in_Deutschland/entwicklung_der_erneuer

	baren_energien_in_deutschland_im_jahr_2015.html
	<p>Flächennutzung Deutschland:</p> <p>Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland für die Jahre 2014/2015 (in Hektar):</p> <p>http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Basisdaten_biobasierte_Produkte-2016_web.pdf, Seite 2</p>
	<p>Entwicklung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe:</p> <p>https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbauflache-fur-nachwachsende-rohstoffe.html</p>
	<p>Tabelle der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2014/2015:</p> <p>https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbauflache-fur-nachwachsende-rohstoffe-tabelle.html</p>
4.1.4 Strom aus flüssiger Biomasse	
[4.1.4.1]	https://www.bioenergie.de/themen/strom
[4.1.4.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/BtL-Kraftstoff
[4.1.4.3]	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:DE:PDF
[4.1.4.4]	http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biokraft-nachv/gesamt.pdf
[4.1.4.5]	http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl109s1804.pdf#_bgbl_%2F%2F*[%40attr_id%3D%27bgbl109s1804.pdf%27]__1473279848359
[4.1.4.6]	http://www.ble.de/DE/08_Service/03_Pressemitteilungen/2015/151214_Biokraftstoffe.html
[4.1.4.7]	http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/02_Kontrolle/05_NachhaltigeBiomasseerzeugung/Evaluationsbericht_2014.pdf?__blob=publicationFile
[4.1.4.8]	https://www.regenwald.org/themen/biosprit
4.1.5 Stromerzeugung mit Windkraftanlagen	
[4.1.5.1]	https://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/statistiken/20160127-factsheet-status-windenergieausbau-land-jahr-2015.pdf
[4.1.5.2]	https://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/statistiken/factsheet-status-offshore-windenergieausbau-jahr-2015.pdf
[4.1.5.3]	https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/deutschland/entwicklung-der-windstromeinspeisung
[4.1.5.4]	http://www.enercon.de/produkte/ep-8/e-126/

[4.1.5.5]	http://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/ENERCON_E-141_EP4.pdf
[4.1.5.6]	http://www.windwahn.de/
[4.1.5.7]	http://bayrvr.de/2014/11/20/gvbl-192014-gesetz-zur-aenderung-der-bayerischen-bauordnung-baybo-und-des-gesetzes-ueber-die-behoerdliche-organisation-des-bauwesens-des-wohnungswesens-und-der-wasserwirtschaft-orgbauwasg-ver/
[4.1.5.8]	http://www.br.de/mediathek/video/sendungen/nachrichten/windkraft-windraeder-bayern-100.html#&time=
[4.1.5.9]	https://de.wikipedia.org/wiki/Asynchrongenerator
[4.1.5.10]	https://de.wikipedia.org/wiki/Drehstrom-Synchronmaschine
[4.1.5.11]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf
[4.1.5.12]	http://www.ingenieur.de/Fachbereiche/Windenergie/Oekobilanzen-fuer-Onshore-Windenergieanlagen-im-Blick
[4.1.5.13]	http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Mehr-Windkraft-an-Land-rueckt-Oekologie-ins-Blickfeld/54733/1
[4.1.5.14]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf
[4.1.5.15]	http://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/kurzanalysen/2014-Kurzanalyse-VDI-ZRE-09-Ressourceneffizienz-Windenergieanlagen.pdf
[4.1.5.16]	http://windenergie.ressource-deutschland.de/recycling/hochwertiges-recycling-von-rotorblaettern/
[4.1.5.17]	http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/229961/
[4.1.5.18]	http://www.heise.de/tp/artikel/39/39027/1.html
[4.1.5.19]	http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/250786/
[4.1.5.20]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_40_2014_machbarkeitsstudie_zu_wirkungen_von_infraschall.pdf
[4.1.5.21]	http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm
[4.1.5.22]	http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de
[4.1.5.23]	https://bergenhusen.nabu.de/forschung/windkraft-und-greifvoegel/index.html
[4.1.5.24]	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148112000857
[4.1.5.25]	Status des offshore-Windenergieausbaus in Deutschland, Stand 31.12.2015, Seite 3

	http://www.windguard.de/Resources/Persistent/6863a8d0ae295aaa0e5e72419395edaf220dc1d0/Factsheet-Status-Offshore-Windenergieausbau-Jahr-2015.pdf
[4.1.5.26]	Entwurf eines Gesetzes zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2016), § 4 http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gesetzentwurf-ausschreibungen-erneuerbare-energien-aenderungen-ee-2016,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf
Weitere Informationen:	
	https://de.wikipedia.org/wiki/Windkraftanlage
	http://www.eurobserv-er.org/category/barometers-in-german/
	http://ressourcen.wupperinst.org/downloads/MaRess_AP2_4.pdf
	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111002254
	http://www.inderscience.com/offer.php?id=62496
	http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223628/windenergie_und_infraschall.pdf?command=downloadContent&filename=windenergie_und_infraschall.pdf Fraunhofer IPA: "Analytische Untersuchung zur Ressourceneffizienz", April 2015
	http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCs_derivate_00000004260/Nexus_Ressourceneffizienz.pdf
	http://windenergie.ressource-deutschland.de/
	http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCs_derivate_00000004260/Nexus_Ressourceneffizienz.pdf Fraunhofer IWES windenergie report deutschland 2013: "Special Report Recycling von Windenergieanlagen"
	http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/img/SR_2013_Recycling_von_Windenergieanlagen.pdf Eine Übersicht über aktuelle Forschungsprojekte finden sich hier: http://windenergie.ressource-deutschland.de/
4.1.6 Stromerzeugung mit Photovoltaikanlagen	
[4.1.6.1]	http://photovoltaik-vision.de/05-2013/forschung-vierfach-stapelsolarzelle-mit-436-prozent-wirkungsgrad/
[4.1.6.2]	http://www.eike-klima-energie.eu/
[4.1.6.3]	https://www.energy-charts.de/power_inst_de.htm

[4.1.6.4]	http://www.statistischesbundesamt.de/
[4.1.6.5]	http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/
[4.1.6.6]	[http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/V/verordnung-zur-einfuehrung-von-ausschreibungen-der-finanziellen-foerderung-fuer-freiflaechenanlagen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf]
[4.1.6.7]	http://photovoltaik-vision.de/08-2013/preisdumping-eu-einigt-sich-endgultig-mit-china/
[4.1.6.8]	http://safe-eu.org/2016/04/19/pm-solarmodule-koennten-hierzulande-20-preiswerter-sein/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=PHOTON+Newsletter+-+Deutsche+Ausgabe+vom+20.4.2016+&newsletter=PHOTON+Newsletter+-+Deutsche+Ausgabe+vom+20.4.2016+
[4.1.6.9]	http://www.iwr.de/news.php?e=x0616x&id=30643
[4.1.6.10]	https://www.indiegogo.com/projects/solarlayer-every-surface-is-a-solar-panel#/
[4.1.6.11]	http://www.mein-elektroauto.com/2016/02/frankreich-will-1-000-kilometer-strassen-mit-solarzellen-ausstatten/19828/
Weitere Informationen:	
	https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik
	http://www.eurobserv-er.org/category/barometers-in-german/
	http://www.sma.de/unternehmen/pv-leistung-in-deutschland.html
	http://www.oeko-energie.de/produkte/solarstrom-photovoltaik/solarmodule/index.php#04a2089a240b63601
	http://www.bvmw.de/politik/energie.html
	https://de.wikipedia.org/wiki/Solarmodul
4.2 Verfügbarkeit von Rohstoffen	
[4.2.1]	http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/mcs-2016-alumi.pdf
[4.2.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_H%C3%A4ufigkeiten_chemischer_Elemente#H.C3.A4ufigkeiten_auf_der_Erde
[4.2.3]	http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/mcs-2016-coppe.pdf
[4.2.4]	http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/mcs-2016-feore.pdf

[4.2.5]	http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2016-raree.pdf
[4.2.6]	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf
[4.2.7]	https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/5883
[4.2.8]	https://de.wikipedia.org/wiki/Vestas_Wind_Systems#cite_note-24
[4.2.9]	http://www.windpowermonthly.com/article/1365873/technology-3mw-model-vestas-reveals-low-wind-v136-345mw-turbine
[4.2.10]	http://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/kurzanalysen/Kurzanalyse_Nr_8_Hochwertiges_Recycling_im_Baubereich.pdf
[4.2.11]	http://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2012/oktober/blitzschlag-ein.html
[4.2.12]	http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/mcs-2016-cemen.pdf
Weitere Informationen:	
	Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“ des Umweltbundesamtes (2014), Seite 52 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf , Abschätzung ohne Freiflächen
	Kritische Rohstoffe beim Windenergieausbau
	Fraunhofer IWES: Windenergie Report Deutschland 2014; 2015 http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/opencms/export/sites/windmonitor/img/Windenergie_Report_2014.pdf , Seite 70ff; bezieht sich auf die Studie des Wuppertal-Institutes
	Übersicht Rohstoffverfügbarkeit weltweit: B.U.N.D. Hintergrundpapier: "Ressourcenschutz ist mehr als Rohstoffeffizienz", Juli 2015 http://www.bund.net/pdf/ressourcenschutz
	Powershift: Rohstoffe für die „grüne“ Wirtschaft, 2011 http://power-shift.de/wordpress/wp-content/uploads/2011/08/PowerShift-ForumUE-StudieRohstoffe-Gr%C3%BCneWirtschaft-2011web_klein.pdf
4.3 Zukünftige Stromerzeugung in Deutschland	
[4.3.1]	http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung_der_erneuerbaren_Energien_in_Deutschland/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2015.html
[4.3.2]	http://www.eike-klima-energie.eu

[4.3.3]	https://lobbypedia.de/wiki/Europ%C3%A4isches_Institut_f%C3%BCr_Klima_und_Energie
[4.3.4]	siehe zum Beispiel Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Broschüre "Offshore-Windenergie" http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/offshore-windenergie.pdf?__blob=publicationFile&v=2
[4.3.5]	https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.pdf
[4.3.6]	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014), § 49 bis 51 https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2014/gesamt.pdf und Entwurf eines Gesetzes zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2016), § 49 http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gesetzentwurf-ausschreibungen-erneuerbare-energien-aenderungen-eeg-2016,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf
4.4.1 Sonneneinstrahlung	
[4.4.1.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Watt_Peak
[4.4.1.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Solarkonstante#cite_note-1
[4.4.1.3]	http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarrechner
[4.4.1.4]	http://www.sonnenkraft.de/privathaesuser/service---support/solarrechner
[4.4.1.5]	http://www.solarrechner.de/
[4.4.1.6]	https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Flaechennutzung/BodenflaechennutzungPDF_2030510.pdf?__blob=publicationFile
[4.4.1.7]	https://mediatum.ub.tum.de/doc/969497/969497.pdf
4.4.2 Windkraft	
[4.4.2.1]	https://www.entsoe.eu/data/data-portal/production/Pages/default.aspx
4.4.3 Stromerzeugung nach dem Erneuerbaren Energiegesetz (EEG)	
[4.4.3.1]	http://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0301-0400/355-16.pdf?__blob=publicationFile&v=1
4.4.4 Speicherbedarf	
[4.4.4.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Power-to-Gas

[4.4.4.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk
[4.4.4.3]	https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2010/04/strom-erdgas-speicher.html
4.5 Zukünftige Wärmeerzeugung in Deutschland	
[4.5.1]	http://www.lech-stahlwerke.de/de/unternehmen/umwelt/energie.html
[4.5.2]	http://www.kba-metalprint.com/fileadmin/user_upload/MetalPrint/Fachbeitraege/Dynamische_Hochtemperatur-Speicherung_0713.pdf
4.5.1 Wärmepumpen	
[4.5.1.1]	https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/erdwaerme/oberflaechennahe-geothermie/neubau-statistik-2015-waermepumpen-anteil-bleibt-stabil
4.5.2 Solarthermie	
[4.5.2.1]	Ursula Eicker, <i>Solare Technologien für Gebäude. Grundlagen und Praxisbeispiele</i> , 2. vollständig überarbeitete Auflage, Wiesbaden 2012
4.5.3 Biomasse	
[4.5.3.1]	Agentur für Erneuerbare Energien: Renews Spezial - Sonderausgabe Februar 2014: "Holzenergie in Deutschland - Status Quo und Potenziale" https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/317.Renews_Spezial_Holzenergie_Japan_DE_Mar14.pdf , Seite 8]
[4.5.3.2]	http://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/index.html
[4.5.3.3]	http://www.gesetze-im-internet.de/enev_2007/index.html
[4.5.3.4]	http://www.gesetze-im-internet.de/eneg/index.html
Weitere Informationen:	
	Anteil der jeweiligen industriellen Wärmenutzung bei Biomasseheizkraftwerken (Naturbelassene Hölzer) Fraunhofer IWES: "Stromerzeugung aus Biomasse - Eine Übersicht und Tendenzen" http://www.energiesystemtechnik.iwes.fraunhofer.de/content/dam/iwes-neu/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Veroeffentlichungen/2015/20150901_IWES_Kirchner.pdf ; Seite 12]
4.5.4 Strombasierte Wärmeerzeugung	

[4.5.4.1]	http://sylvester.bth.rwth-aachen.de/dissertationen/2004/017/04_017.pdf
[4.5.4.2]	http://www.lech-stahlwerke.de/de/unternehmen/umwelt/energie.html

5. Der Weg zum Ziel

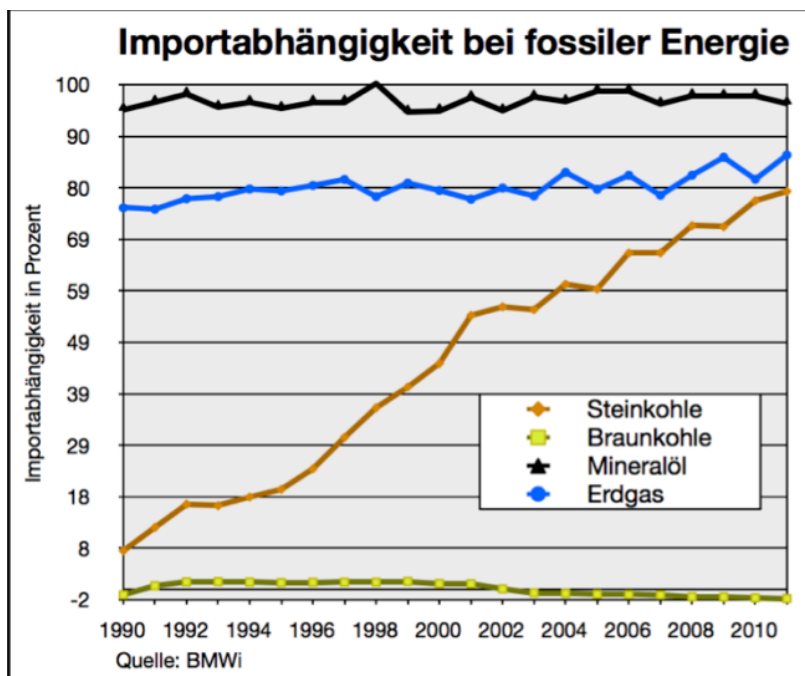
In Kapitel 1 haben wir den IST-Zustand der Energieversorgung in Deutschland beleuchtet. Kapitel 2 diente der Abschätzung des zukünftigen Energiebedarfs in den 3 Sektoren Wärme, Strom und Transport. Die Kapitel 3 und 4 schließlich erläuterten die technischen Möglichkeiten einer Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen etwas detaillierter. Wir haben dort u.a. den Beweis angetreten, dass es weder ernst zu nehmende technische Schwierigkeiten noch Ressourcenengpässe gibt, die uns den Weg zu einer vollständig auf regenerativen Quellen basierenden Energieversorgung verstellen könnten.

Dann bleibt abschließend die Frage zu klären, welche Gründe uns daran hindern, schneller auf diesem Weg voran zu schreiten. Nachdem wir uns schon im gesamten vorangegangenen Text den einen oder anderen Seitenhieb auf die etablierte Energiewirtschaft und die herrschende Politik nicht verkneifen konnten, folgt in diesem Kapitel nun eine etwas tiefgründigere Analyse der ökonomischen und politischen Aspekte der Energiewende.

Ganz ohne technische Erklärungen kommen wir auch in diesem letzten Kapitel nicht aus, weil wir Ihnen die Grundsätze einer dezentralen, auf Zellen basierenden Energieversorgung nicht schuldig bleiben wollen. Wir halten den zellularen Ansatz für außerordentlich wichtig. Dabei ist die Frage „zentrale oder dezentrale Versorgung“ sehr eng an die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen geknüpft. Deshalb bot es sich an, diesen eher technischen Aspekt im „politischen Kapitel“ zu behandeln.

5.1 Importe fossiler Brennstoffe und deren Auswirkungen

Die Nettoimportkosten Deutschlands für fossile Energieträger lagen 2012 bei 93,5 Mrd. €. Anteilig wurden 68 Mrd. € für Mineralölprodukte, 23 Mrd. € für Erdgas und 2,5 Mrd. € für Steinkohle ausgegeben [5.1.0]¹. Als Industrienation und einer der größten Energieverbraucher



der Welt ist Deutschland derzeit von diesen Importen abhängig. Weder Deutschland noch die EU haben es in der Hand, die Bedingungen dieser Abhängigkeiten zu gestalten. Es ist überdies unbestreitbar, dass sich im Zuge der Rohstoffverknappung spätestens mittelfristig deutliche Preissteigerungen für Rohstoffe aller Art ergeben werden. Es bleibt also nur der Weg, das Rohstoffproblem fundamental zu lösen.

Hinsichtlich der Energiewirtschaft bedeutet das nichts anderes als die vollständige Ablösung fossiler Energieträger durch erneuerbare Energiequellen. Das ist zunächst der rein wirtschaftliche Aspekt.

Abbildung 5.1: Importabhängigkeit Deutschlands von fossilen Energieträgern

¹ [5.1.0] <http://www.energycomment.de/studie-fossile-energieimporte-und-hohe-heizkosten-teil-2/>

Sehr viel wichtiger sind jedoch die Auswirkungen auf unsere Umwelt. Durch die simple und im Moment außerordentlich bequeme Verbrennung gewaltiger Mengen Öl, Kohle und Gas zerstören wir unsere Lebensgrundlage nachhaltig. Zum einen deshalb, weil diese Ressourcen schlichtweg nur in endlicher Menge in der Natur vorkommen. Beim Öl wird das Ende langsam erkennbar. Es wäre daher viel sinnvoller, die noch vorhandenen Reserven an diesen Rohmaterialien zu schonen, um sie stofflich zu verwerten und sie eben nicht plump zu verbrennen. Nähme man die Energiewende ernst, müsste man schon die Wortkombination „fossile Energieträger“ durch „fossile Rohstoffe“ ersetzen.

Der zweite Aspekt der Umweltzerstörung liegt in der, wider jeder Vernunft und Weitsicht, weltweit immer noch favorisierten energetischen Verwertung von Öl, Kohle und Gas selbst, weil hierbei Unmengen CO₂ freigesetzt werden. Der durch den erhöhten CO₂-Ausstoß verursachte Klimawandel ist bereits Realität und die Folgen für die Zukunft werden von den meisten Wissenschaftlern zumindest als ernst zu nehmendes Problem eingestuft. Abgesehen vom CO₂ werden durch Verbrennungsprozesse sehr viele andere Schadstoffe freigesetzt (NO_x, Schwermetalle, Schwefeldioxid).

Die Piraten fordern deshalb ein Ende der Umweltzerstörung durch die Verwendung fossiler Energieträger. Die mittelfristige Rückführung entsprechender Importe bis auf null muss politisch festgeschrieben werden. Das schließt auch Importe von sog. „Biokraftstoffen“ wie indonesischem Palmöl oder „Bioethanol“ aus Brasilien ein. Hierbei handelt es sich um Pseudolösungen, die mit der Brandrodung riesiger Regenwaldgebiete einhergehen.

Importe nach Deutschland reduzieren, hieße natürlich, unseren ohnehin schon außerhalb des für EU-Staaten erlaubten Rahmens liegenden Außenhandelsüberschuss weiter zu erhöhen. Dieses Problem ließe sich leicht lösen, indem die EU und damit auch Deutschland fairen Handel zu fairen Preisen mit den Entwicklungsländern betreibt.

5.2 Noch einhundert Jahre warten?

Wie viel Zeit bleibt uns, um die Energiewende zu stemmen? Es ist völlig klar, wir können nicht warten. Es bedarf einer gewaltigen gesellschaftlichen Kraftanstrengung, um einen radikalen Strukturwandel in unserer Energiewirtschaft zu vollziehen. Dieser Wandel muss schnell geschehen, weil davon unser Überleben abhängt.

Bei jedem Strukturwandel gibt es Gewinner und Verlierer. Am Ende des Prozesses haben wir eine dezentral organisierte Energieversorgung, in der die Energiekonzerne nur dann ihre Führungsposition behaupten können, wenn sie willig sind, den Wandel selbst mit zu gestalten. Die verkürzte betriebswirtschaftliche Sichtweise der großen Energieerzeuger, immer mehr Gewinn in immer kürzeren Zeiträumen realisieren zu wollen, steht dem jedoch entgegen. Erneuerbare Energien erfordern Umstrukturierung und Umstrukturierung kostet erst einmal Geld. Da ist es natürlich bequemer und erst recht sehr viel rentabler, das bewährte Geschäftsmodell so lange es nur geht zu erhalten. Es ist demnach einerseits nachvollziehbar andererseits aber absolut inakzeptabel, dass die Energieriesen bislang wenig bis gar keine Intension zeigen, sich in den Wandel hin zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen einzubringen. Dies gilt umso mehr, weil sie ihren Einfluss auf die Politik zum Nachteil des Gemeinwesens nutzen, um die Energiewende zu verzögern oder gar komplett zu hintertreiben.

Um das Problem in den Griff zu bekommen, müssen wir uns kurz daran erinnern, wozu Politik eigentlich da sein sollte. Nach unserem Verständnis eben nicht, um sich von der Industrie im Sinne der Industrie beeinflussen zu lassen, sondern um die Gesamtwirtschaft so zu lenken, wie es die volkswirtschaftliche Vernunft gebietet. Es ist in höchstem Maße unvernünftig, weiterhin fossile Energieträger zu favorisieren, um die Partikularinteressen großer Energieunternehmen zu bedienen.

Ein Lehrstück für Klientelpolitik konnten wir im Zusammenhang mit dem Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung aus 09/2016 erleben. Die Umweltministerin Barbara Hendricks (SPD) hatte diesen Plan in ihrem Ministerium erarbeiten lassen. U.a. sollte er dazu dienen, die auch durch die Vertreter der Bundesregierung in Paris beschlossenen Klimaziele etwas verbindlicher zu fixieren.

Der Bundeswirtschaftsminister, Herr Gabriel, ebenfalls SPD, legte sein Veto gegen diesen Plan ein. Daraufhin wurden konkreten Zahlen von Frau Hendricks aus dem Plan getilgt und durch „XXX“ ersetzt. Den vom „Gift für den Industriestandort Deutschland“ befreiten Plan kann man unter [5.2.1]¹ nachlesen.

Wenn man sich dem zweifelhaften Vergnügen hingibt, nach den „XXX“ im Dokument zu suchen, erhält man 11 Treffer, also 11 entfernte konkrete Zahlen. Die endgültige Fassung vom 11.11.2016 wird in [5.2.2]²

dennoch mit verhaltenem Optimismus wie folgt kommentiert:

„Nach monatelangem Ringen hat sich die Bundesregierung doch noch auf ihren Klimaschutzplan 2050 verständigt.“ Wie die finale Einigung konkret aussieht, ist nicht näher bekannt.

Die öffentliche Berichterstattung über das Thema Energiepolitik ist einseitig und irreführend. In der 3sat Sendung Nano vom 14.11.2016 wurde über den Klimagipfel in Marakesch berichtet. [5.2.3]³

Bilden Sie sich bitte selbst ein Urteil.

Wir wollen an dieser Stelle eines deutlich festhalten: Für die Bundesregierung ist das wesentliche Ziel der Energiewende die „Senkung der Treibhausgasemissionen um 40% bis 2020“. Man darf daraus schlussfolgern, dass mit dem Erreichen dieses Zieles die Energiewende nach 2020 für beendet erklärt wird. Eine vollständige Umstellung auf EE wird von der aktuellen Politik nicht (mehr) in Erwägung gezogen.

Die Piraten fordern eine radikale Umorientierung der Energiepolitik. Ein „Weiter so“, basierend auf dem verlogenen „Kohle- und Atomstrom sind billiger“, ein wenig garniert mit „Wir sind ja auch für den Ausbau erneuerbarer Energien, aber...“ kann und darf es nicht geben. Wenn von der Politik nicht die entsprechenden Vorgaben kommen, muss Energiewende über andere Wege initiiert werden. Dann muss das eigentliche Souverän in einer Demokratie, die Bürgergesellschaft, die Politiker dazu zwingen, u.a. indem sie bei Wahlen entsprechend abstimmt. Denken Sie deshalb darüber nach, wo Sie in Zukunft Ihr Kreuz auf dem Wahlzettel machen. -

1 [5.2.1] http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_entwurf_bf.pdf

2 [5.2.2] <https://www.tagesschau.de/inland/klimaschutzplan-einigung-103.html>

3. [5.2.3] <http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=62902><http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=62902>

5.3 Die wahren Stromkosten

Kommen wir zurück zu den reinen ökonomischen Fakten bezüglich der aktuellen deutschen Energiepolitik. Versprochen – obwohl wir viel mit Zahlen hantieren, wird dieser Abschnitt nie langweilig. Den Zahlen wohnen nämlich einige sehr interessante Erkenntnisse inne.

Wir wissen natürlich, dass der Strukturwandel zu rein erneuerbaren Energieträgern viel Geld kosten wird. Von Kritikern werden diese Kosten gerne genüsslich kolportiert bzw. mit z.T. aus der Luft gegriffenen Argumenten künstlich überhöht. Was die Gegner einer Energiewende dabei immer wieder vergessen, ist die Beantwortung der Frage, was wir für die derzeitige Energieversorgung ausgeben. Hier können wir gern aushelfen.

Wie in Abschnitt 5.1 bereits erwähnt, betrugen die Nettoimportkosten für fossile Energieträger im Jahre 2012 93,5 Mrd. €. Im Jahr 2013 stiegen sie auf 99,9 Mrd. € [5.3.0]¹, [5.3.1]². Braunkohle ist aus naheliegenden Gründen in diesen Zahlen nicht enthalten. Trotzdem verursacht die Nutzung von Braunkohle natürlich Ausgaben. Aus [5.3.2]³ kann man ableiten, dass ca. 66% dieser Ausgaben für Brennstoff sowie 33% für Betriebs- und Investitionskosten eingesetzt werden. Es wäre unseriös, diese Aufwendungen, genau wie die Importkosten, komplett als Negativsaldo zu buchen. Wir gehen in unseren weiteren Betrachtungen deshalb davon aus, dass die althergebrachte Art und Weise der Energiegewinnung einfach Teil der Wertschöpfung der Gesamtwirtschaft ist, in deren Verlauf natürlich auch Rohmaterialien (hier die Braunkohle) verarbeitet werden müssen. In diesem Zusammenhang wäre es jedoch wünschenswert, wenn alle deutschen Wirtschaftsinstitute, Politiker und Medien genauso unvoreingenommen an die erneuerbaren Energiequellen herangehen würden. Dennoch bringt die „billige Braunkohle“ jede Menge Sekundärkosten mit sich, die, vor dem Publikum gut versteckt, einfach aus Steuermitteln beglichen werden.

Wie aus der nachfolgenden Grafik zu entnehmen ist, sind die Stromgestehungskosten für Braunkohlestrom die niedrigsten. Die Stromgestehungskosten setzen sich aus den Kapitalkosten, den fixen und variablen Betriebskosten, sowie der Kapitalverzinsung über den Kapitalzeitraum zusammen. [5.3.3]⁴ Es entsteht somit auf den ersten Blick der auch immer wieder gerne von unseren Leitmedien vermittelte Eindruck, die Stromerzeugung aus Braunkohle sei am wirtschaftlichsten. Abbildung 5.2. bezieht jedoch die „versteckten Kosten“ in die Rechnung ein und führt uns damit zu ganz anderen Einsichten.

Wir akzeptieren natürlich, für ein Produkt die für seine Herstellung aufgewendeten Kosten zuzüglich einer Gewinnspanne für den Hersteller/Anbieter zu zahlen. Das wären beim Strom die Stromgestehungskosten. Manchmal ärgern wir uns über zu hohe Gewinnspannen der Unternehmen; Ärger der im Übrigen auch beim Braunkohlestrom angebracht wäre. Der Börsenpreis für eine kWh Strom unterliegt starken Schwankungen, bewegt sich aber meistens deutlich über den reinen internen Erzeugerkosten eines großen Braunkohlekraftwerk von etwa 2 ct/kWh. 50 bis 100%+ Marge, allein über den Börsenpreis realisiert, sind unserer Meinung nach kein Grund zum Wehklagen. Dennoch hören wir in den Nachrichten immer wieder, wie schlecht es unseren Stromkonzernen geht.

Wird ein Produkt staatlich über Subventionen (in Abbildung 5.2. staatliche Förderungen mit Budgetwirkung) gefördert, zahlen wir diese Subventionsbeträge über unsere Steuern. Genauso verhält es sich mit den vom Hersteller „nicht internalisierten externen Kosten“, vereinfacht gesagt also mit den Aufwendungen, die zur Beseitigung von Schäden infolge der Nutzung des Produktes (hier des Braunkohlestroms) entstehen. Der sowohl für Hersteller als auch Politiker außerordentlich praktische Aspekt dieser Kosten ist, dass sie nicht sofort beglichen werden müssen und sich damit sehr gut verbergen lassen. Sicher ist jedoch: Die Rechnung kommt

1 [5.3.0] <http://www.energycomment.de/studie-fossile-energieimporte-und-hohe-heizkosten-teil-2/>

2 [5.3.1] http://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Downloads/IEK/IEK-STE/DE/Publikationen/preprints/2015/preprint_26_20il15.pdf?__blob=publicationFile

3 [5.3.2] <http://www.photovoltaikeu.de/Archiv/Meldungsarchiv/Braunkohle-liefert-Konzernen-Milliardengewinne.QUIEPTU4NjU0OCZNSUQ9MTEwOTQ5JIBBR0U9MQ.html>

4 [5.3.3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stromgestehungskosten>

irgendwann – ganz bestimmt.

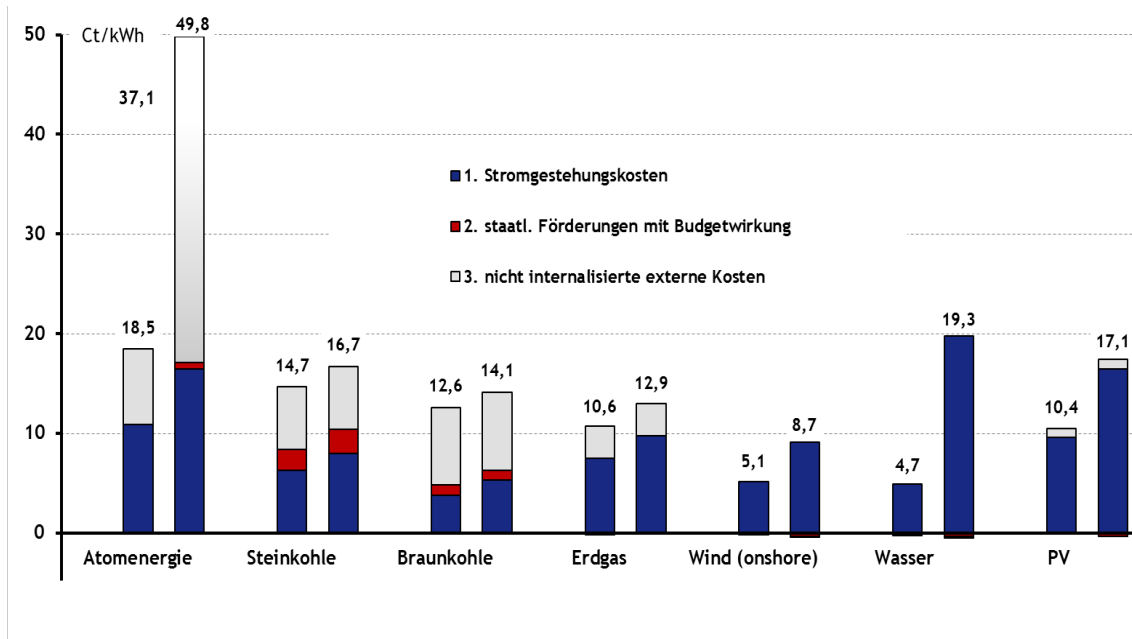


Abbildung 5.2: Tatsächliche Kosten der Stromerzeugung aus verschiedenen Energieträgern; linker Balken minimale, rechter Balken maximale; Quelle [5.3.4]

Jede Art der fossilen Energieerzeugung hat tiefgreifende Folgen. [5.3.4]¹ Insbesondere entstehen durch die Verbrennung von Öl, Kohle und Gas enorme Umweltschäden (vgl. 5.1) und auch gesundheitliche Probleme. In der betriebswirtschaftlichen Abrechnung der Kraftwerksbetreiber werden solche Spätfolgen aber nur dann bilanziert, wenn ein gesetzlicher Zwang zur Kosteninternalisierung besteht. Für AKW-Betreiber gibt es diesen Zwang, weil „das Volk“ im Angesicht der Katastrophen von Tschernobyl und Fukushima Kernenergie nicht mehr so toll findet, wie es unsere Energiekonzerne gerne hätten. Amtierende Politiker mussten hier reagieren, um weiterhin amtieren zu können. [5.3.5]²

1 [5.3.4] http://www.greenpeaceenergy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/Greenpeace_Energy_Was_Strom_wirklich_kostet_Langfassung2015.pdf

2 [5.3.5] http://www.bildschirmarbeiter.com/video/atomkraftwerke_sind_sicher/

Angela Merkels endgültiger (?) Ausstieg aus der Kernenergie

Unmittelbar nach der Tsunami-Katastrophe vom 11.03.2011 in Japan, bei der es auch zu einer Kernschmelze im AKW Fukushima kam, entschlüpfte Angela Merkel folgende denkwürdige Aussage:

Ich finde, an einem solchen Tag darf man nicht einfach sagen, unsere Kernkraftwerke sind sicher. Sie sind sicher...

http://www.bildschirmarbeiter.com/video/atomkraftwerke_sind_sicher/

Diese beiden Sätze in der damaligen Situation hintereinander auszusprechen und dennoch als Regierungschefin zu überleben, zeugt von Merkels außerordentlichem politischen Talent.

Ein halbes Jahr vor Fukushima diskutierte man in der christlich-liberalen Koalition aus CDU/CSU und FDP den Ausstieg aus der Kernenergie. Die Laufzeitverlängerung für ältere Atomkraftwerke wurde plötzlich wieder salonfähig und damit eine strategische Neuausrichtung in der Energiepolitik erkennbar. Unmittelbar nach Fukushima flugs zurück zum alten Plan, alle deutschen AKWs bis 2022 still zu legen. Die gelernte Physikerin Merkel hatte nach eigenem Bekunden noch einmal „vollständig neu über die Kernenergie nachgedacht“.

Wir sind gespannt auf die nächsten neuen Erkenntnisse unserer Kanzlerin und ihres Teams zum Thema Atomstrom und die daraus resultierenden Wendungen.

Die AKW-Betreiber wurden daher verpflichtet, Rücklagen für die Endlagerung und den späteren Rückbau ihrer Anlagen zu bilden. Unabhängig davon, inwieweit diese Rücklagen die tatsächlichen Folgekosten des „billigen Atomstroms“ decken können und ob sie abrufbereit sind, wenn sie gebraucht werden: Für die Betreiber der Braunkohlenkraftwerke ist dergleichen bislang nicht einmal vorgesehen.

Greenpeace hat zum Thema „Was Strom wirklich kostet“ in 2014 eine umfassende und unseres Wissens bis heute einmalige Untersuchung durchgeführt [5.3.4]. Wir geben die Inhalte dieser Studie hier in komprimierter Form wieder, ohne Sie davon abhalten zu wollen, sich den Text im Detail anzuschauen.

5.3.1 Subventionen und Folgekosten

Die Energiewirtschaft wird, nicht nur in Deutschland, stark subventioniert; direkt über Energieumlagen und Steuervergünstigungen und indirekt über die Vergesellschaftung der Folgekosten für Umwelt- und Klimaschäden.

Nach [5.3.4] müssten, um der Wahrheit Genüge zu tun, 10 bis 11 ct/kWh für direkte und indirekte Subventionierung der Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen zusätzlich auf der Stromrechnung erscheinen. Greenpeace prägt in diesem Zusammenhang den Begriff der „konventionellen-Energien-Umlage“ als direkten Gegenentwurf zur „erneuerbaren-Energien-Umlage“. Wir finden diese Begriffsbildung sehr treffend. Sie liefert einen Beitrag, Fakten zur Energiepolitik offen zu legen, die allzu gern verschleiert werden.

Vergleichen wir einfach: Wir subventionieren die erneuerbare Energie über die EEG Umlage mit 6,6 ct/kWh, konventionelle Energie aus fossilen Brennstoffen jedoch mit mehr als 10 ct/kWh. Der Unterschied ist: Die 6,6 ct/kWh (demnächst fast 6,9) erscheinen direkt auf unserer Stromrechnung, die 10+ ct/kWh entnimmt unser Finanzminister dagegen klammheimlich dem großen Steuertopf. Erfolgreich desinformierte Bürger werden daher vermutlich darauf beharren, dass Strom aus Sonne und Wind viel teurer ist als der aus Braunkohle & Co erzeugte. Die intransparente Darstellung der Subventionen für Energieerzeugung führt zu einer völlig verzerrten Wahrnehmung.

Wir Piraten sind für Transparenz. Deshalb fordern wir, alle mit der Energiewirtschaft im Zusammenhang stehenden Subventionen bzw. vergesellschafteten Folgekosten offen zu legen.

Die Tabelle 7, S. 31 und die Abbildung 8, S. 33 der Quelle [5.3.4] sind die Grundlage der nachfolgenden Tabelle 5.1.

Die Werte aus Spalte 3 „Subventionen/Folgekosten je produzierter kWh“ ergeben sich aus der Summe der direkten finanziellen Zuwendungen durch den Staat an die Energiewirtschaft und der konventionellen Energieumlage (Folgekosten). Diese beiden Bestandteile führt Greenpeace getrennt auf.

Erzeugungsart	Anteil an der Gesamterzeugung [%]	Subventionen/ Folgekosten [ct/kWh]	Subventionen/Folgekosten absolut [Mrd. €]
Subventionen/Folgekosten 2014 für 378 TWh aus fossilen Energieträgern erzeugtem Strom			
Erneuerbare	33	0	0
Atomenergie	16	2,7	10,2
Steinkohle	17	2,9	11,0
Braunkohle	25	4,4	16,6
Erdgas	9	0,56	2,1
Summe	100	10,56	39,9
Dito., aber für 2015 hochgerechnetes Basisszenario (hoher Braunkohleanteil; 25%) mit nur noch 354 TWh			
Erneuerbare	34	0	0
Atomenergie	15	2,80	9,9
Steinkohle	17	3,00	10,6
Braunkohle	25	4,70	16,6
Erdgas	9	0,56	2,0
Summe	100	11,06	39,1
Für 2015 hochgerechnetes Szenario mit höheren Anteil an Erdgas (15%), basierend auf ebenfalls 354 TWh			
Erneuerbare	34	0	0
Atomenergie	15	2,80	9,9
Steinkohle	16 (-1)	2,97	10,5
Braunkohle	20 (-5)	4,47	15,8
Erdgas	15 (+6)	0,59	2,1
	100	10,83	38,3

Tabelle 5.1: Subventionen und Folgekosten fossiler Energieträger

- a) real 2014 berechnet unter Zugrundelegung von 378 TWh umlagefähigem Letztverbrauch
- b) Basisszenario für 2015 mit gleichem Mix wie in 2014 bei 354 TWh umlagefähigen Letztverbrauch
- c) Gasszenario für 2015 bei 354 TWh umlagefähigen Letztverbrauch

Wie Sie Tabelle 5.1 entnehmen können, werden die einzelnen fossilen Erzeugungsarten unterschiedlich subventioniert. Die Braunkohle erhielt mit 4,4 bzw. 4,7 ct/kWh den höchsten, Erdgas mit 0,56 ct/kWh den niedrigsten Anteil. An diesem Beispiel erkennt man, wie Kosten für die Stromerzeugung durch die Politik gesteuert werden können. Wie diese „politischen“ Kosten wirken, zeigt die Tabelle beispielhaft.

Im Jahr 2014 hatte die Stromerzeugung aus Braunkohle einen Anteil von 25% an der gesamten Stromerzeugung. Wenn man diesen Anteil auf 20%, und den Anteil der Steinkohle auf 16% absenken und dafür den Gasanteil entsprechend erhöhen würde, ergäbe sich bereits eine Verringerung der Subventionen/Folgekosten um 800 Mio. € pro Jahr; wohlgermerkt im Rahmen der rein fossilen Energieerzeugung.

Erhöht man den Anteil an erneuerbaren Energien, sinkt damit automatisch der umlagefähige Letztverbrauch an fossiler Energie. Aus den von Greenpeace in 2015 geschätzten 354 TWh würden bei einer solchen Verlagerung um 1% etwa 350 TWh. 3,54 TWh (=1%) aus fossiler Energie weniger bedeuten eine Einsparung in den Subventionen/Folgekosten von ca. 390 Mio. € (= 1% der gesamten Subventionen/Folgekosten aus Tabelle 5.1).

Rechnet man die EEG-Umlage von derzeit 6,8 Cent gegen, verbleiben immer noch (390 Mio. € * (11-6,8)/11 →) ca. 149 Mio. € je Prozent Verlagerung von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern.

Das Kraftwerk Irsching Block 4 und 5

Die Blöcke 4 und 5 des Gaskraftwerks Irsching sind moderne GUD Kraftwerkseinheiten [5.3.1.1]. Sie haben einen Wirkungsgrad von knapp 60%; gegenüber maximal 40% eines üblichen modernen Braunkohlekraftwerks. Block 4 hat eine Leistung von 569 MW und Block 5 860 MW.

Als sie 2010 bzw. 2011 in Betrieb genommen wurden, war die Begeisterung in der Region groß. Aber schon bald kamen Bedenken auf. Die beiden Blöcke liefen nicht. Bereits 2013 wurden sie wieder komplett vom Netz genommen und nur noch für die Netzstabilisierung in Bereitschaft gehalten [5.3.1.2]. Dieses Übereinkommen zwischen Eigentümer und Übertragungsnetzbetreiber galt 3 Jahre.

Das alles wegen technischer Ursachen? Mitnichten. Dass die beiden Kraftwerksblöcke mit einer Gesamtkapazität von über 1.400 MW bereits kurz nach ihrer Fertigstellung keinen Strom mehr in das deutsche Stromnetz einspeisten, hatte schlicht monetäre Gründe. Ursache war die Preisgestaltung nach der Merit Order-Regelung.

Nach Ablauf der Laufzeit des o.g. Übereinkommens wiederholte sich das Spiel. Wegen, unter den aktuellen Rahmenbedingungen mangelnder Rentabilität wollten die Eigentümer die Kraftwerksblöcke erneut komplett stilllegen [5.3.1.3]. Auch wenn bayrische Politiker noch eine Zukunft für Irsching sehen, mutierte das hochmoderne Kraftwerk seit dem 1. April 2016 wieder zum ruhenden Industriedenkmal verfehlter Energiepolitik [5.3.1.4].

Die EEG-Umlage ist in den letzten Jahren zwar stetig gestiegen, beträgt aber aktuell nur etwas mehr als 20 Mrd. € im Jahr. Demgegenüber erhalten die fossilen Energieerzeuger seit sehr langer Zeit direkte und indirekte Zuwendungen von zuletzt 40 Mrd. € jährlich.

Dieser Betrag muss zu den Nettoimportkosten für fossile Energieträger von ca. 95 Mrd. € addiert werden. Als Zwischensumme können wir festhalten, dass unsere Energieversorgung aus fossilen Quellen mit etwa 135 Mrd. € p.a zu Buche schlägt. Das ist aber noch nicht die Endsumme, wie wir gleich sehen werden.

5.3.2 Die Kosten des Netzausbaus

Im nachfolgenden Link beklagt der Bundesverband der deutschen Industrie (BDI), dass die Kosten für die Energiewende auf jährlich über 28 Mrd. € steigen werden. Gemeint ist damit natürlich nur die EEG-Umlage.

Immerhin diskutiert der BDI in dieser Schrift auch andere Kostenfaktoren, die letztendlich zur Strompreisbildung beitragen, als da wären:

- ◆ Netznutzungsentgelte an die Netzbetreiber,
- ◆ Aufwendungen für den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung,
- ◆ Offshore-Haftungs-Umlage und
- ◆ Konzessionsabgaben der Energieversorger an die öffentliche Hand wegen Nutzung der öffentlichen Infrastruktur.

Neuinvestitionen in die Infrastruktur wie z.B. für den Netzausbau sind darin allerdings nicht enthalten [5.3.2.1]¹. Wir erlauben und daher, diese Position detailliert nachzureichen:

Name	Verlauf	Länge in km	Freileitung Kosten in Mio. € ^{*1)}	min. Kosten (x4) Kabeltrasse in Mio. Euro	max. Kosten (x8) Kabeltrasse in Mio. Euro
DC1	Emden/Ost - Oserrath	320	416	1.664	3.328
DC2	Osterrath - Phillipsburg	340	442	1.768	3.536
DC3	Brunsbüttel - Großgartach	770	1001	4.004	8.008
DC4	Wilster - Berheinfeld	620	806	3.224	6.448
DC5I	Wolmirstedt - Isar	580	754	3.016	6.032
DC6I	Wolmirstedt - Isar	580	754	3.016	6.032
Summe		3.210	4.173	16.692	33.384

Tabelle 5.2: Aktuelle Freileitungsprojekte und ihre Kosten; ^{*1)} pro km Freileitung setzt man 1,3 Mio. € an

Die Bundesnetzagentur benennt 18 Mrd. € als Kosten für den Netzausbau an Land. Hinzu kommen 15 Mrd. € für den Offshore- Netzausbau, die in Tabelle 5.7 nicht enthalten sind. Damit sind die weit höheren Preise für die teilweise schon geplante Erdverkabelung noch nicht erfasst.

Wie aus Tabelle 5.2 hervorgeht, könnten allein die Aufwendungen für die HGÜ Trassen von 4,173 Mrd. € auf über 33 Mrd. € ansteigen. Die Beobachtungen anderer öffentlicher Großprojekte wie Stuttgart 21 oder des Berliner Großflughafens legen nahe, dass die tatsächlichen Kosten am Ende eher am rechten Rand als in der Mitte der Skala von 4 bis 33

1 [5.3.2.1] <http://bdi.eu/artikel/news/energiewende-kostet-stromkunden-28-milliarden-euro-pro-jahr/>

Mrd. € liegen werden. In die Daten von Tabelle 5.2 gehen nur die Kosten für den DC Leitungsbau ein. Die in [5.3.2.2]¹ genannten Kosten sind aber Kosten für den gesamten DC und AC Netzausbau. Die möglichen zusätzlichen Ausgaben für AC Leitungsprojekte wegen der geforderten Verkabelung finden in der Kostenschätzung der Bundesnetzagentur keine Berücksichtigung. Wir sehen also, dass diese so unrealistisch ist, dass man hier schon von Irreführung sprechen könnte.

Wir als Bürger dieses Landes tragen die finanziellen Belastungen für einen Netzausbau, dessen technische Notwendigkeit kein einziges Mal öffentlich und nachvollziehbar begründet wurde. [5.2.15]

Warum ist der Netzausbau eigentlich so teuer?

Die Kosten für den Stromnetzausbau werden durch ein finanztechnisches Verfahren in die Zukunft verschoben. Die Investitionen in die Netze erbringt die Privatwirtschaft. Dafür garantiert die Bundesregierung den Investoren eine Eigenkapitalrendite von 9,05% per anno. Rein rechnerisch heißt das, das investierte Kapital kehrt nach ca. 10 Jahren komplett in seine ursprüngliche Heimat zurück. Alles, was danach fließt, ist Reingewinn. Nebenbei gesagt wirkt sich der Invest natürlich auch steuermindernd für die Anleger aus – sie profitieren also doppelt. Und wie manche Geschäfte im Zusammenhang mit dem Netzausbau ganz konkret ablaufen, werden wir vermutlich irgendwann von den letzten verbliebenen Enthüllungsjournalisten erfahren.

Die Investoren, Planer und Auftragnehmer in Personalunion haben ein breites Grinsen im Gesicht. Je mehr, je teurer um so besser [5.2.14].

Und wer bezahlt das Ganze? Wir sind sicher, da kommen Sie selbst `drauf.

[5.3.2.3]²

Unter der Annahme dezentraler Energiegewinnung aus regenerativen Quellen und des Verbrauchs dieser Energie vornehmlich dort, wo sie erzeugt wird, könnte auf weitere Trassen im Übertragungsnetz verzichtet werden.

Daher ergeben sich als endgültige Schätzung für die jährlichen Stromkosten für aus fossilen Quellen erzeugter Energie:

95 Mrd. € (Importe) + 40 Mrd. € (Subventionen/Folgekosten) + 3 Mrd. € (30 Mrd. € für den Ausbau HGÜ-Trassen in den nächsten 10 Jahren) = 138 Mrd. €.

5.4 Paradigmenwechsel im Netzausbau

Es ist unbestreitbar, dass ein Netzum- und Ausbau im Zuge der Umstellung auf erneuerbare Energien notwendig ist. Die Frage ist jedoch, wie dieser Netzausbau gestaltet werden muss, um den neuen Erfordernissen gerecht zu werden.

Ein Netzausbau nach den Prinzip "Kupferplatte", also die Schaffung von Übertragungskapazitäten, die den Transport sehr großer Strommengen von jedem beliebigen Ort A zu jedem beliebigen Ort B innerhalb Deutschlands bzw. Europas zulässt, ist die aufwändigste und damit teuerste Variante. Gleichzeitig ist sie die von der aktuellen Politik favorisierte.

Die Piraten fordern hingegen eine Abkehr vom Prinzip der Kupferplatte und eine Neuordnung der Planung von Übertragungsnetzen. Es kann insbesondere nicht sein, dass diejenigen, die vom Netzausbau profitieren, diesen ohne unabhängige Überprüfung auch konzipieren dürfen. Außerdem sollte bis zur Fertigstellung neuer, alternativer Planungen (hier einer zellularen Infrastruktur) ein Ausbaumoratorium gelten. Unbedingt notwendig ist auch eine Neufassung des Paragraphen 12f des Energiewirtschaftsgesetzes damit eine unabhängige Überprüfung der Planungen überhaupt möglich wird.

¹ [5.3.2.2] http://www.netzausbau.de/SharedDocs/FAQs/DE/Allgemeines/05_Kosten.html

² [5.3.2.3] <http://versicherungswirtschaft-heute.de/maerkte/neun-prozent-rendite-fur-netzausbau/>

Wir behaupten und beweisen, dass die Kupferplatte entbehrlich ist. Vielmehr brauchen wir auch hinsichtlich des Netzausbaus einen Paradigmenwechsel.

Die Lösung liegt im Aufbau einer dezentralen Struktur für die Versorgung mit Elektroenergie. In der VDE Studie „Der zellulare Ansatz“ wurde eine solche Struktur untersucht. Die Studie war bis Dezember 2016 frei im Netz verfügbar. Der normale Bürger kann sie jetzt für 250 Euro beim VDE bestellen. Immerhin – für VDE-Mitglieder und Journalisten bleibt sie kostenlos [5.4.1]¹. Das VDE-Papier haben wir genau studiert und verweisen auch im Folgetext mehrfach auf die dort getroffenen Aussagen.

Aufgrund der „plötzlichen Unzugänglichkeit“ der VDE-Studie haben wir nach anderen, ähnlichen Veröffentlichungen gesucht. Bei unserer Recherche sind wir auf einen Beitrag der Bundesnetzagentur (BNetzA) aus dem Jahre 2011 gestoßen [5.4.2]². Und – Überraschung; auch die BNetzA favorisierte im Jahre 2011 hinsichtlich der Verteilnetzbetreiber einen „zellulären Ansatz“ und prägte sogar den treffenden Begriff der „Micro-Grids“. [5.4.3]³

Betrachtet man den aktuellen Netzentwicklungsplan der BNetzA, [5.4.4]⁴ bleibt nur unglaubliches Staunen über die von der Agentur seit 2011 vollzogene Kehrtwende. Ausbau von Verteilnetzen? Micro-Grids? Davon ist keine Rede mehr. Es geht nur noch um die hochvoltigen Übertragungsnetze. Aber vielleicht tun wir der dem BMWi unterstellten Behörde auch Unrecht und diese Dinge fallen gar nicht in ihren Zuständigkeitsbereich. Was die Frage aufwirft, wer dann zuständig ist.

Wir wollen uns der guten Ansätze aus der Vergangenheit der BNetzA erinnern und eine zellula(ä)re Struktur im Folgenden unter wirtschaftlichen und politischen Gesichtspunkten näher beleuchten.

5.4.1 Dezentralität

In Abbildung 5.3. wird der prinzipielle Aufbau eines Netzes unter den Bedingungen einer zentralen Stromversorgung gezeigt. Der Strom wird im Großkraftwerk erzeugt und über die jeweiligen Spannungsebenen zum Umspannwerk und von dort zur Ortsnetzstation geleitet. Die Ortsnetzstation enthält einen oder mehrere Transformatoren, welche die Mittelspannung, meist 20.000 Volt, auf unser Niederspannungsniveau, 400V/230V transformieren. Von der Ortsnetzstation zweigen strahlenförmig ein oder mehrere Kabel bzw. Freileitungen ab, welche unsere Häuser mit Strom versorgen. Über diese Kabel fließt also Strom von der Ortsnetzstation zu unserem Hausanschluss.

1 [5.4.1] <https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/38-15>

2 [5.4.2] <http://www.derenergieblog.de/alle-themen/energie/netzstabilitat-und-die-rolle-der-verteilnetzbetreiber-bei-der-energiewende/>

3 [5.4.3]

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/SmartGridEckpunktepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile

4 [5.4.4] https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html?cms_map=1

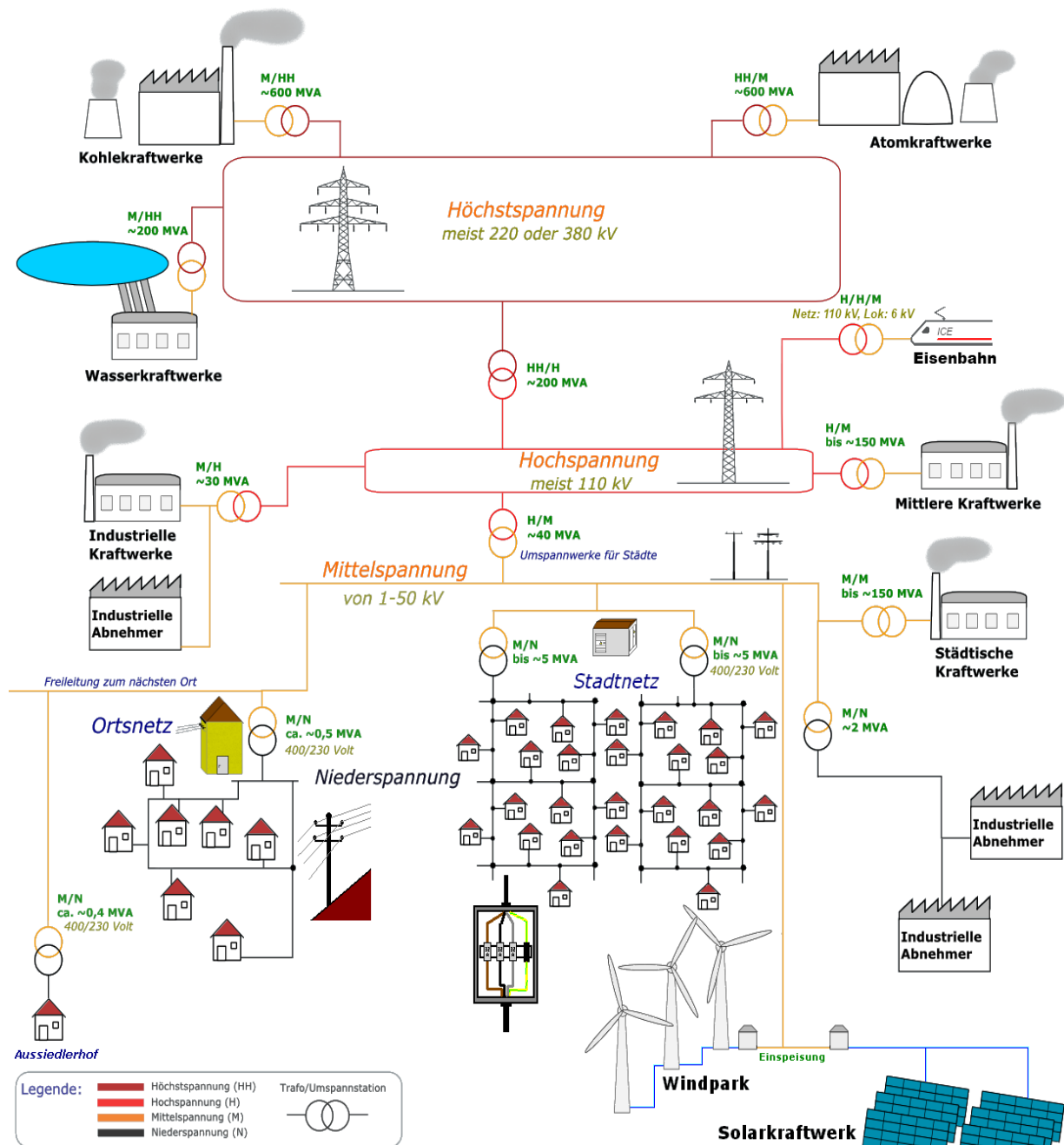


Abbildung 5.3: Darstellung des Gesamtnetzes

Für diesen Fall, die zentrale Versorgung der Abnehmer von oben nach unten, also von der höheren zur niederen Spannungsebene, wurden die Netze einst konzipiert und gebaut.

Eine dezentrale zelluläre Struktur ist ein grundsätzlich anderer Ansatz. Das Stromversorgungssystem besteht aus vielen, in sich verschachtelten Zellen. Vergleichbar ist das mit dem Prinzip der russischen Matrjoschka-Puppen. Eine kleine Puppe steckt in einer gleichartigen größeren Puppe. Der Vergleich hinkt insofern, weil im Gegensatz zu den Puppen eine Zelle nicht nur eine, sondern mehrere Unterzellen enthalten kann.

Die kleinste mögliche Zelle ist der Hausanschluss. Am anderen Ende der Skala kann man auch das gesamte deutsche oder europäische Energienetz als Zelle betrachten.

Definition der Zelle

Mathematisch exakt lässt sich eine Zelle wie folgt definieren:

- Die Elemente der Zelle sind durch ein auf einer Spannungsebene liegendes Leitungssystem verbunden.
- In einer Zelle müssen sowohl Stromerzeuger als auch Stromverbraucher vorhanden sein.
- Stromspeicher wirken in der Zelle als Stromspender oder Stromempfänger, d.h. sie können positive und negative Regelenergie bereitstellen.
- Eine Zelle kann untergeordnete Zellen enthalten.

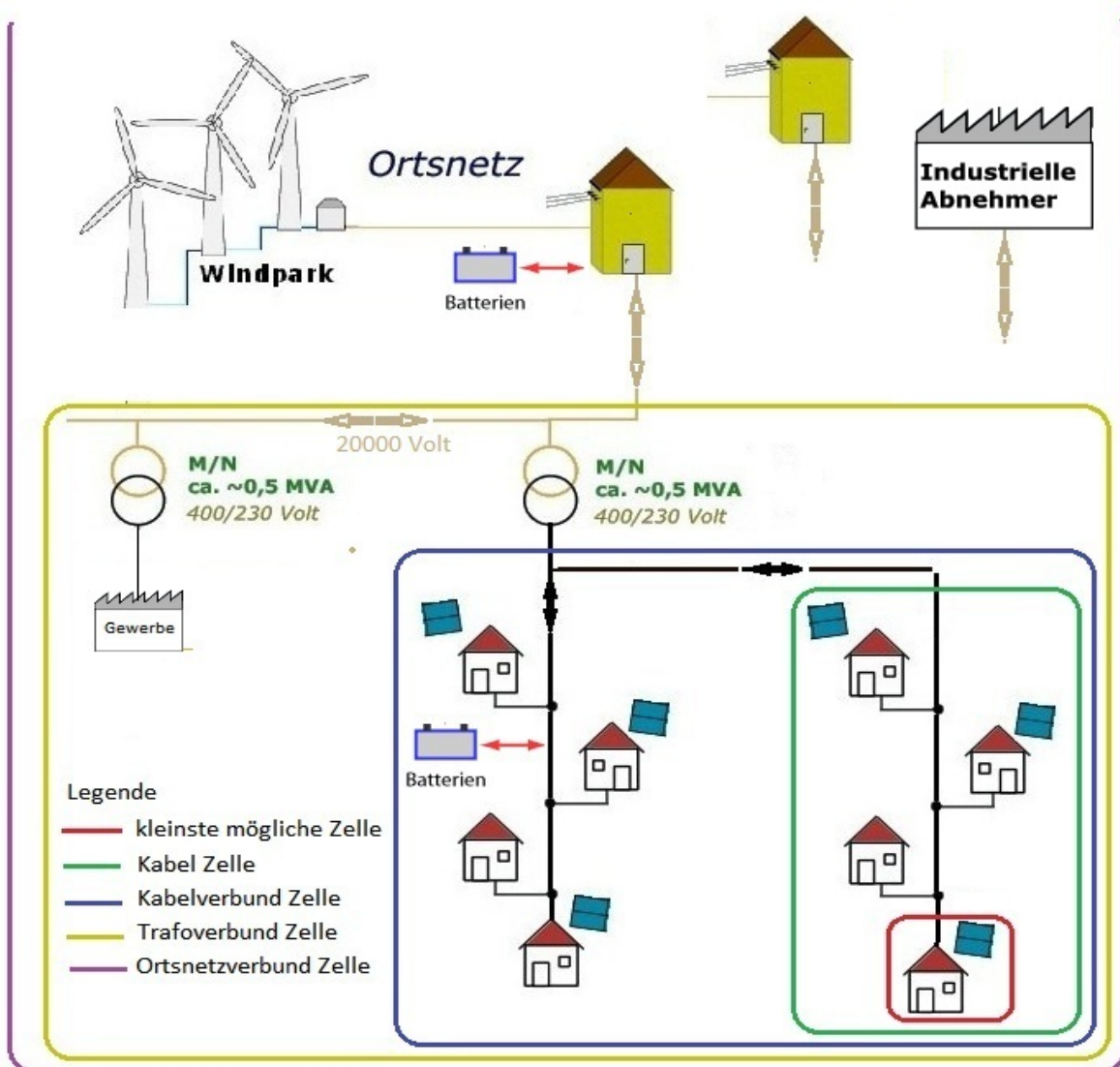


Abbildung 5.4: Zellularer Ansatz bis Ortsnetzverbund – Zelle

Stromgleichgewicht innerhalb einer Zelle

Idealerweise befinden sich Stromerzeugung und Stromverbrauch innerhalb einer Zelle im Gleichgewicht bzw. das Gleichgewicht wird durch Pufferspeicher aufrecht erhalten. Im Gleichgewichtszustand ist die Zelle unabhängig von äußerer Versorgung. Sie versorgt sich selbst.

Je größer die Zelle, desto einfacher lässt sich der Gleichgewichtszustand aufrecht erhalten. Ein lang währender Gleichgewichtszustand zwischen Erzeugung und Verbrauch in der kleinsten denkbaren Zelle, etwa einem Einfamilienhaus mit Solaranlage, ist eher die Ausnahme als die Regel. Um auf dieser Ebene überhaupt Parität zwischen Stromabnahme und Strombereitstellung zu erreichen, sind Batteriespeicher zwingend erforderlich. Je länger man autark bleiben will, desto größer müssen die Kapazitäten der Pufferbatterien gewählt werden, was aufgrund der immer noch recht hohen Preise sehr schnell unwirtschaftlich wird. Ein strikt umgesetztes Energiemanagement kann ebenfalls helfen, die Zeit des Gleichgewichtszustandes zu verlängern. Energiemanagement heißt allerdings konkret, starke Verbraucher nur dann zu betreiben, wenn genügend Energie erzeugt wird, was prinzipiell mit Einschränkungen verbunden wäre. Daher ist auch das Einfamilienhaus mit Solaranlage sehr häufig auf Unterstützung von außen angewiesen und kann sich, wenn man die Anlage gut plant, nur zu etwa 70 bis 80% selbst versorgen.

Geht man einen Schritt weiter und bildet aus mehreren Häusern eine Zelle, ist das entstehende Konstrukt schon deutlich besser inselständig, weil Überschüsse/Defizite zwischen den einzelnen Häusern über das gemeinsame Kabel ausgeglichen werden können.

Die kleinen „Hauszellen“ tauschen untereinander Energie aus. Eine Hauszelle produziert z.B. mehr Energie als sie selbst verbraucht. Diese Energie steht den anderen Hauszellen zur Verfügung. Es können selbst Häuser ohne Solaranlage (nach unserer Definition reine Verbraucher und damit keine Zellen) mit Strom versorgt werden.

Alle an einer Trafostation angeschlossenen Häusergruppen bilden auf der Mittelspannungsebene von 20.000 Volt eine Trafoverbund-Zelle. An einem sonnigen Tag könnte innerhalb dieser Zelle sogar der Gewerbebetrieb (in Abbildung 5.4. Mitte links) als reiner Verbraucher vollständig mit Strom versorgt werden, zumal der ebenfalls auf dieser Ebene angeschlossene Windpark daran mitwirkt.

Jede Zelle strebt eine ausgeglichene Energiebilanz an. Das Ziel ist es dabei, möglichst wenig, bestenfalls gar keinen Strom aus dem übergeordneten Netz (=der übergeordneten Zelle) zu entnehmen oder dort einzuspeisen. Die benötigte Energie soll genau dort erzeugt werden, wo sie verbraucht wird. Das hat den Riesenvorteil, dass sie nicht über weite Entfernungen transportiert werden muss. Die übergeordneten Netze haben demnach nur noch die Aufgabe, Energiedefizite oder -überschüsse auszugleichen. Dies führt zu einer deutlich geringeren Netzbelastung. [5.4.1]

Pfaffenhofen a.d.Ilm – ein Beispiel für die Energiewende

Pfaffenhofen a.d.Ilm [5.4.4] ist eine Kreisstadt in Oberbayern. Mit über 25.000 Einwohnern ist sie das Zentrum des gleichnamigen Landkreises. Sie ist auch Standort von größeren Unternehmen mit mehreren hundert bzw. über 1.000 Arbeitnehmern.

Warum aber ist Pfaffenhofen ein so gutes Beispiel für die Energiewende? Normalerweise müssen weit kleinere Gemeinden als Vorzeigebjekte der energetischen Erneuerung herhalten. Schließlich kratzen sie in ihren Dimensionen kaum am Lack der herkömmlichen Ansätze. So lobenswert diese Mini-Beispiele sind, sie können nicht als Präzedenzfälle für die Energiewende in Deutschland dienen.

Bei einer Stadt wie Pfaffenhofen dagegen sieht das anders aus.

Die Stadt hat das Stromnetz entgegen des allgemeinen Trends der Privatisierung öffentlichen Eigentums rekommunalisiert. Die Stadtwerke selbst bieten Strom für die Bürger an [5.4.5], der zu 70% aus erneuerbaren Quellen stammt. [5.4.6]

Durch die Errichtung von 3 Windrädern wird dieser Anteil auf 100% zu steigen.

Außerdem ist zur Speicherung temporärer Stromüberproduktion die Errichtung einer Power to Gas Anlage geplant. Damit kann überschüssiger Strom als Gas gespeichert und in Defizitphasen wieder in Strom zurück verwandelt werden.

Daneben werden auch Einzelprojekte zum Klimaschutz gefördert: [5.4.7]

Man sieht also: Die Energiewende ist machbar. Man muss sie nur wollen. Ganz wichtig dabei: Die „Mittelspannungszelle Pfaffenhofen“ funktioniert ganz ohne staatliche Förderung. Die lokale Bürgerenergiegenossenschaft ist in der Lage, ihren Strom selbst gewinnbringend zu vermarkten. ^

Höhere Versorgungssicherheit durch Zellbildung

Ein weiterer, ganz wesentlicher Grund, eine dezentrale Netzstruktur anzustreben, ist die Erhöhung der Versorgungssicherheit.

Szenario A für Netztrennung: Inselbetrieb - Störung im übergeordneten Netz

Wenn das übergeordnete Netz, also z.B. die 20.000 Volt Einspeisung für eine Trafostation ausfällt, bricht die Versorgung der an dieser Trafostation angeschlossenen Verbraucher unter Zugrundelegung des klassischen Top-Down-Versorgungsansatzes definitiv zusammen. Existiert jedoch hinter der Trafostation eine Trafoverbund-Zelle, kann diese unterbrechungsfrei in den Inselbetrieb übergehen. Die Zelle stellt fest, dass Grenzwerte der Netzfrequenz durch die äußere Störung verletzt wurden und trennt sich daraufhin vom übergeordneten Netz. Bildlich gesprochen ist sie in diesem Szenario einem Rettungsboot vergleichbar, wenn das Schiff untergeht. Voraussetzung für den Inselbetrieb ist, dass sich eine ausgeglichene Leistungsbilanz, gekennzeichnet durch exakt 50 Hz Netzfrequenz, auch innerhalb der Zelle, herstellen lässt. Dieser Gleichgewichtszustand wird durch eigene Erzeugung und Batteriepufferspeicher gewährleistet. Batteriespeicher sind aufgrund ihrer verzögerungsfreien Verfügbarkeit, in der sie die notwendige Regelenergie bereitstellen/aufnehmen können, bestens geeignet, die nach der Trennung vom übergeordneten Netz nunmehr zellinternen Schwankungen der Netzfrequenz auszugleichen.

Die Zelle lässt sich umso länger autark betreiben, je besser Verbrauch und Erzeugung innerhalb der Zelle ausbalanciert sind und je höher die Kapazität der Batteriepuffer ist. Konkret bedeutet das, dass selbst der kleine Gewerbebetrieb (in der Abbildung 5.4 Mitte links) innerhalb unserer beispielhaft diskutierten Trafoverbundzelle eine Zeitlang ohne Verbindung zum übergeordneten Netz weiter produzieren kann; im Idealfall solange, bis die vorliegende Netzstörung behoben ist.

Szenario B für Netztrennung: Abtrennung - Abschaltung gestörter Zellen

Es ist natürlich auch denkbar, dass Störungen innerhalb von Zellen auftreten, die so massiv sind, dass sie die Stabilität des übergeordneten Netzes gefährden könnten. Da Schwankungen der Netzfrequenz innerhalb einzelner Zellen überwacht und behandelt werden können, besteht in einem solchen Fall die Möglichkeit, die problematische(n) Zelle(n) vom Gesamtnetz zu trennen, um die Ausbreitung lokaler Störungen zu vermeiden.

Die Abtrennung problematischer Netzkomponenten ist bereits heute gängige Praxis. Z.B. werden Leitungswege, in denen Kurzschlüsse zu einer Überlastung führen, durch automatische Schaltungen unterbrochen. Infolgedessen müssen jedoch die verbliebenen intakten Leitungen die Aufgabe der ausgefallenen mit übernehmen, was wiederum zur Überlastung und damit zum Ausfall einiger dieser Leitungen führen und eine Kettenreaktion in Gang setzen kann.

Durch eine konsequente zelluläre Struktur ließen sich derartige Risiken ausschließen. Die Zelle, gleich auf welcher Spannungsebene, muss nur als solche sauber definiert sein. Dann ist es relativ einfach, sie komplett, d.h. mit all ihren Verbindungen nach außen vom übergeordneten Netz abzutrennen. Die Störung bliebe auf diese Weise auf die Zelle beschränkt. Das Spannende daran ist: Die Trennung einer größeren, gestörten Zelle vom übergeordneten Netz muss nicht notwendigerweise alle ihre Unterzellen lahmlegen. Sofern sich diese durch eigene Trennung von der gestörten Zelle (s. Szenario A) in den Inselbetrieb begeben, können sie, solange sich Erzeugung und Verbrauch im Gleichgewicht befinden, autark weiterbetrieben werden.

Wiederanschluss von Zellen ans Netz

Bei der erneuten Verbindung einer Zelle mit dem übergeordneten Netz, müssen die Netzfrequenzen beider Komponenten genau übereinstimmen. Beide Netze werden in Netzfrequenz und Phasenlage synchronisiert.

Interaktion zwischen Zellen

Wenn ein größeres Kraftwerk einer Zelle, etwa ein Windpark oder eine Freiflächen-PV-Anlage ausfällt, greift zunächst die zellinterne Bereitstellung von Regelernergie. Wenn diese nicht mehr ausreicht, wird auf die Energie der Nachbarzellen zurückgegriffen. Der Stromkunde bemerkt nichts davon.

Werden mehrere solcher Kraftwerke etwa durch einen Cyberangriff lahm gelegt, muss man unterscheiden, ob sich diese in einer oder in verschiedenen Zellen befinden. Der letztere Fall ist weniger kritisch. Diese Situation kann durch zellinterne Regelung oder Lastverschiebung aus nicht betroffenen Zellen behandelt werden. Befinden sich die vom Cyberangriff betroffenen Kraftwerke in einer Zelle, kann ebenfalls versucht zunächst werden, den benötigten Strom aus Nachbarzellen zu erhalten. Gelingt dies nicht, trennt sich die betroffene Zelle vom restlichen Netz (Szenario B einer Zelltrennung). Eine Ausbreitung des Blackouts wie bei einer zentralen Versorgungsstruktur wird damit unterbunden. Selbst innerhalb einer „kranken Zelle“ können sich, abhängig von der jeweiligen Struktur, Teilzellen bilden, in denen weiterhin Strom verfügbar ist.

Bei Leitungsschäden können sich in dem betroffenen Gebiet ebenfalls situationsabhängig Teilzellen bilden. Falls dies möglich ist, bemerken die Stromkunden in funktionierenden Teilzellen das Problem nicht einmal.

Resümee zur Versorgungssicherheit unter den Bedingungen einer zellularen Struktur

Die Netzstabilität wird und wurde schon immer auf rein physikalischem Wege durch Auswertung der Netzfrequenz als Führungsgröße gesichert. In einem gut konzipierten Netz stellt sich die definierte Netzfrequenz netzwerkweit de facto automatisch ein (vgl. 1.7.1).

Die heute mögliche Vernetzung der unterschiedlichen Betriebsmittel auf der Datenebene gibt dem Techniker ein sehr wirksames Mittel zur weiteren Verbesserung der Netzstabilität in die Hand. Die Einbeziehung softwarebasierter Systeme schafft allerdings auch neue Fehlerquellen und Angriffsvektoren für Cybersabotage. Das System der Energieversorgung in seiner Gesamtheit sollte deshalb grundsätzlich auch ohne zusätzliche Computerunterstützung auf rein physikalischer Basis funktionstüchtig bleiben. Wir halten diese Aussage, immer noch für hochaktuell. Ihre praktische Umsetzung in einer dezentralen zellularen Struktur wäre, gegenüber der Stabilisierung eines riesigen Gesamtnetzes unter ständiger menschlicher Einflussnahme, die deutlich bessere, weil sicherere Lösung.

Durch eine dezentrale, zellulare Struktur wird unser Stromnetz nicht gefährdet, wie von manchen Zeitgenossen behauptet. Im Gegenteil - die Ausfallsicherheit des Netzes erhöht sich sogar drastisch.

Ein flächendeckender, lang anhaltender Stromausfall des ganzen Landes, wie er bei einer zentralen Stromversorgung denkbar ist, wird durch Zellbildung unmöglich.

Zellbildung physikalisch und wirtschaftlich betrachtet

Wie bereits erwähnt, ist es das Bestreben jeder Zelle, möglichst wenig mit der übergeordneten Leitungsstruktur zu interagieren, was konkret heißt, möglichst wenig Strom von außen zu beziehen oder nach außen abzugeben. Die Trennung einer Zelle vom übergeordneten Netz kann schlichtweg auch wirtschaftlich motiviert sein. Das ist dann der Fall, wenn dem Betreiber der Zelle der externe Strombezug oder auch nur die Nutzung übergeordneter Leitungswege zu teuer erscheint. Er kann durch sein Kauf- oder Verkaufsverhalten Marktmacht ausüben; aus Sicht der Kraftwerks- und Netzbetreiber ein nie dagewesenes und ungeheuerliches, aber zutiefst marktwirtschaftliches Verhalten.

Man sollte in der Tat davon ausgehen dürfen, dass für eine Leistung, die nicht in Anspruch genommen wird, auch keine Bezahlung erfolgt. Natürlich ist der innerhalb einer Zelle erzeugte Strom nicht kostenlos. Die Stromerzeugungsanlagen müssen finanziert werden. Wenn wir von PV-Anlagen ausgehen, entstehen im günstigsten Fall nur Abschreibungskosten und Kosten für die notwendige Wartung von ca. 10 ct/kWh. Die Spanne zwischen dem Strompreis des zentralen Energieversorgers von inzwischen fast 29 ct/kWh und 10 ct/kWh Eigenerzeugung in der Zelle ist dennoch gewaltig.

5.4.2 Die Vergewaltigung des Marktes

Es stellt sich nunmehr die Frage, auf welche Art und Weise die Befürworter und Anwender des zellularen Ansatzes in den Genuss dieses Kostenvorteils kommen.

Die Betriebszustände des Kabels innerhalb einer Zelle können ständig wechseln. Mal liegt ein Überangebot an Strom vor, das verkauft werden soll, mal herrscht Strommangel, der zum Zukauf von (teurem) Strom aus dem übergeordneten Netz zwingt. Es wurden bereits Verfahren entwickelt, die diese Vorgänge messen und monetär abbilden können [5.4.2.1]¹. Die Folge für die Stromkunden, die an einem solchen System teilnehmen, wären schwankende im Endeffekt aber drastisch sinkende Strompreise.

In der Praxis funktioniert diese Preisbildung bislang nur auf der Ebene der kleinsten Zelle, also etwa eines Einfamilienhauses oder eines kleinen Gewerbebetriebes mit eigener PV- oder Windkraftanlage und einer angemessenen Kapazität Batteriespeicher. In diesem Fall sind Produzent und Verbraucher gleich. Für größere Zellen fehlt ein Vermarktungskonzept. Es ist nunmehr die Aufgabe der Politik, ein solches Konzept zu liefern.

Wie bereits erwähnt, laufen die Vorgänge einer Zellbildung, physikalisch bedingt, immer gleich ab. Selbst unter den Bedingungen des aktuell bestehenden und zum zellulären Ansatz nur bedingt kompatiblen Leitungsnetzes kann sich ein Kabel (eine Zelle), in das z.B. genügend PV-Anlagen einspeisen, bereits selbst versorgen. Die EE-Gesetzgebung nimmt aber auf die physikalischen Gesetzmäßigkeiten keine Rücksicht und lässt eine Stromvermarktung auf der Ebene der verschiedenen Zellen bislang nicht zu.

Jeder Haushaltskunde bezieht seinen Strom nach wie vor über einen, meist regionalen Anbieter. Für eine bestimmte Vertragslaufzeit wird ein bestimmter Arbeitspreis für eine kWh Strom vereinbart. In diesem Arbeitspreis sind, neben dem eigentlichen Strompreis noch andere Bestandteile wie Umlagen, Abgaben und Steuern enthalten.

Die folgende Tabelle enthält die Bestandteile einer üblichen Stromrechnung, wobei die Zahlenwerte aus einer realen Rechnung stammen. In der letzten Spalte haben wir errechnet, wie die Stromrechnung von einem Anbieter innerhalb einer 380 Volt-Zelle aussehen könnte.

1 [5.4.2.1]

Bestandteil der Stromrechnung	Anteil am Preis [%]	Anteil am Preis [ct/kWh]	Bei direkter Vermarktung [ct/kWh]
Stromerzeugung (Gestehungskosten inkl. Marge des Anbieters)	24,12	5,993	9,11 ^{*1)}
Netznutzungsentgelt für Leitungen > 110 kV	3,90	0,970	0 ^{*2)}
Netznutzungsentgelt für Leitungen < 110 kV	15,61	3,880	3,880 ^{*3)}
§19-Umlage	0,02	0,006	0,006
Abla-Umlage	0,04	0,009	0,009
KWK-Umlage	0,72	0,178	0,178
Offshore-Umlage	1,01	0,250	0 ^{*2)}
Konzessionsabgabe	5,31	1,320	1,320 ^{*3)}
Strom-Ökosteuer	8,25	2,050	2,050 ^{*3)}
EEG-Umlage	25,05	6,244	0 ^{*2)}
anteilige MWST	15,97	3,970	2,990
Summe inkl. 19% MWST	100	24,87	19,54
Summe ohne ^{*3)}			12,29

Tabelle 5.3: Bestandteile einer Stromrechnung und wie sie bei einer Direktvermarktung aussehen würde

^{*1)} Real ermittelter Wert des Erzeugers (PV-Anlage) inkl. 10% Marge

^{*2)} Nach unserem Verständnis definitiv nicht zu erheben.

^{*3)} Ob die Erhebung dieser Anteile gerechtfertigt ist, erscheint zumindest strittig.

EEG-Umlage und Börsenpreis

Eine dieser Abgaben ist die EEG-Umlage. Ihre Zahlung ist im EEG [5.4.2.2]¹ [5.4.2.3]² geregelt. Wir wollen uns mit diesem vermeintlich preistreibenden Element näher auseinandersetzen, um den Mythos, erneuerbare Energien seien besonders teuer, ein weiteres Mal zu entlarven.

Die Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Quellen erhalten lt. EEG 20 Jahre lang einen garantierten Abnahmepreis. Obwohl diese sog. Einspeisevergütung jährlich für neue Anlagen nach unten angepasst wird (für Solarstrom aus kleinen Anlagen von über 50 ct/kWh von 2000 bis 2006 auf etwas mehr als 12 ct/kWh in 2016) liegt sie dennoch deutlich über dem Börsenpreis. Letzterer wurde z.B. am 13.04.2016 mit lediglich 2,83 ct/kWh notiert. Die Differenz zwischen dem garantierten Abnahmepreis und dem Börsenpreis ist die in unserer Stromrechnung ausgewiesene EEG-Umlage.

¹ [5.4.2.2] https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_60.html

² [5.4.2.3] https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_61.html

Sinnhaftigkeit der EEG-Umlage

Die EEG-Umlage war um die Jahrtausendwende ein wichtiges Instrument zur Einleitung der Energiewende. Ohne staatliche Förderung hätten es die Technologien der Stromerzeugung aus Sonne und Wind vermutlich nicht in so kurzer Zeit zur Marktreife geschafft.

Solarzellen waren z.B. um 2005 bei deutlich schlechteren Kenndaten etwa 3 Mal so teuer wie heute. Der Betrieb einer Solaranlage ohne staatliche Zuschüsse wäre zu dieser Zeit also völlig unwirtschaftlich und damit nur ein Fall für Enthusiasten gewesen.

Mittlerweile haben sich aber sowohl Windkraft als auch Photovoltaik als Technologie gut etabliert, so dass die Fortführung der Förderung eher kontraproduktiv wirkt.

Aus Sicht des Endverbrauchers, der gleichzeitig eine eigene PV-Anlage betreibt, markiert der April 2012 einen Wendepunkt. Die Einspeisevergütung sank erstmals unter den Preis, den er selbst für eine kWh bei seinem regionalen Anbieter zahlen musste. Seither geht es weniger darum, Strom selbst zu verkaufen, sondern den Zukauf von Strom zu vermeiden.

Will man darüber hinaus seinem Nachbarn in dieser Vermeidung helfen, landet man unweigerlich bei der Direktvermarktung des eigenen Stroms, die sich, nimmt man die Zahlen aus 2016 für alle Beteiligten lohnt:

a) Bilanz des Eigenerzeugers:

Arbeitspreis des regionalen Stromanbieters:	25 ct/kWh
Kosten für selbst produzierten Solarstrom:	11 ct/kWh
→ Ersparnis durch selbst verbrauchtem Strom:	14 ct/kWh
Erlös aus selbst verkauftem Strom:	18 ct/kWh
→ Gewinn aus Stromverkauf:	7 ct/kWh

b) Bilanz „des Nachbarn“ (also des Kunden des Eigenerzeugers)

Arbeitspreis des regionalen Stromanbieters:	25 ct/kWh
Angebotspreis des Eigenerzeugers:	18 ct/kWh
→ Ersparnis:	7 ct/kWh

Die Rechnung berücksichtigt nicht die in Tabelle 5.3. genannten Steuern und Abgaben, was an der grundlegenden Aussage aber nichts ändert.

Der aufmerksame Leser möge sich anhand dieser Zahlen selbst sein Urteil bilden, ob die EEG-Umlage für Neuinstallationen noch zeitgemäß ist. Sie muss natürlich noch ein paar Jahre erhoben werden, um die in der Vergangenheit mit den Anbietern erneuerbarer Energie geschlossenen Verträge zu erfüllen.

Das bedeutet letztendlich, je geringer der Strompreis an der Börse, umso höher wird unsere Stromrechnung. Man koppelt die Stromkunden so an den Strommarkt, dass sinkende Strompreise an der Börse, die nicht an den Kunden weitergegeben werden, letztendlich einen preissteigernden Effekt auf den Arbeitspreis, insbesondere der Haushaltskunden, haben. Ein wahrhaft perfides Konstrukt.

Durch die Befreiung von Großverbrauchern von der EEG-Umlage (eine weitere, gut versteckte Subvention), schlagen Strompreissteigerungen infolge sinkender Börsenpreise verstärkt auf den Endverbraucher durch.

Es bleibt die Frage, ob eine EEG-Umlage in dieser Form überhaupt noch zeitgemäß, sprich notwendig ist.

Durch die EEG-Umlage bezahlen wir, direkt über unsere Stromrechnung, angeblich die Umstellung von fossiler Energieversorgung auf EE.

Diese These haben wir bereits mit den Daten aus Tabelle 5.3 widerlegt. Der Betreiber einer Solaranlage kann schon heute Strom selbst zu deutlich geringeren Preisen (9 bis 12 ct/ kWh) produzieren, als er als Endverbraucher an sein Energieversorgungsunternehmen bezahlen muss (23 bis 29 ct/kWh). Neue PV-Anlagen für private Haushalte sind deshalb schon in ihrer Konzeption auf Eigenverbrauch fokussiert. Der Wunsch, Überschüsse zu produzieren, um diese gewinnbringend in das öffentliche Netz einzuspeisen, spielt kaum noch eine Rolle, weil auch die Einspeisevergütung inzwischen zu gering ist.

Auch bei Zugrundelegung der reinen Erzeugerkosten für Strom (vgl. Abbildung 5.2) ergibt sich der Schluss, dass die EEG-Umlage ihren Zweck bereits erfüllt hat. Mit Photovoltaik gewonnener Strom ist nur unwesentlich teurer als der aus fossilen Brennstoffen erzeugte. Windstrom kann mittlerweile sogar preiswerter produziert werden.

Wichtig bei diesen Vergleichen ist, dass man sie auf der Basis der wahren Kosten der Stromerzeugung inkl. aller Folgekosten durchführt. Energiekonzerne und die meisten Politiker präsentieren uns ganz andere Eingangsparameter für ihre Rechnung und kommen deshalb natürlich auch zu ganz anderen Ergebnissen. Wir halten deren Herangehensweise allerdings für wenig seriös und weitgehend von der Berücksichtigung der Interessen künftiger Generationen befreit.

Warum also Technologien weiter fördern, die ihre Marktreife längst erlangt haben und am Markt konkurrenzfähig sind? Vielleicht nur als Vorwand, um diese Technologien auch weiterhin als zu teuer diskreditieren zu können?

Als gesicherte Tatsache, die für Förderungen aller Art gleichermaßen gilt, kann man folgenden Merksatz formulieren: Der Geförderte macht sich vom Förderer in jedem Falle abhängig, weil er die Vertragsbedingungen des Förderers akzeptieren muss. Insofern sind Förderungen wie die EEG-Umlage auch immer ein Mittel der Ausübung politischen und ökonomischen Drucks.

Was würde passieren, wenn die EEG-Umlage für Neuinstallationen konsequent gestrichen würde? Gäbe es tatsächlich weniger privates Kapital, das in EE investiert werden würde? Fakt ist nur eins: In einem solchen Fall würden die Strompreise tendenziell wieder sinken.

Wer zahlt eigentlich die EEG-Umlage?

Es gibt ein paar sehr interessante Ausführungen des BDI in [5.2.12] zum Thema, wer unter welchen Umständen die EEG-Umlage überhaupt zahlt. Man konstatiert eine ganze Reihe Ausnahmeregelungen zur Umgehung der EEG-Umlage für die Industrie, merkt aber kritisch an: "Für die erste verbrauchte Gigawattstunde pro Jahr ist aber stets die volle EEG-Umlage fällig." Eine Gigawattstunde entspricht in etwa nur dem Verbrauch von 250 durchschnittlichen Haushalten (a 4000 kWh = 4 MWh). Nahezu jeder produzierende Betrieb mit mehr als 200 Beschäftigten dürfte mehr verbrauchen und damit von der EEG in Teilen entlastet sein. Je größer das Unternehmen, desto größer die anteilige Entlastung. Ist das die Mittelstandsförderung, von der unsere Regierungsparteien so gerne reden?

Merit-Order

Der Börsenpreis wird durch die Gesamtheit aller Anbieter von Strom aus erneuerbaren und fossilen Quellen bestimmt. Gemäß der Merit-Order Regularien kommen zuerst die Kraftwerke mit den geringsten Grenzkosten zum Einsatz. Danach werden solange Kraftwerke mit höheren Grenzkosten zugeschaltet, bis die Nachfrage gedeckt ist.

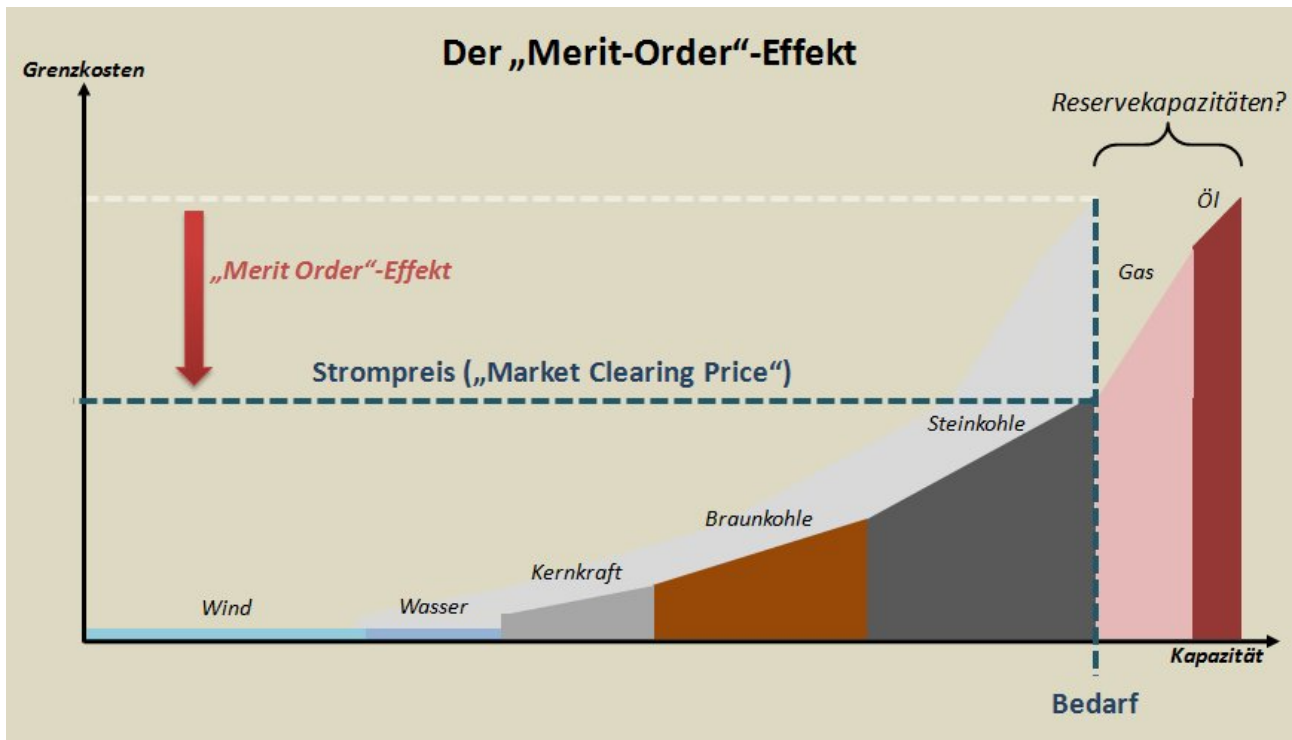


Abbildung 5.5: Merit-Order Schema

Die Grenzkosten [5.4.2.4]¹ erneuerbarer Energien definiert man mit null, was auf den ersten Blick sinnvoll erscheint. Daher stehen sie in Abbildung 5.5 ganz links. Es folgen Kernkraft, Braunkohle und Steinkohle. Die Kapazitäten mit den höchsten Grenzkosten (Gas und Öl) kommen nur in Ausnahmefällen zum Einsatz.

Der Schnittpunkt des Bedarfs mit der Kostenkurve ist der Punkt, an dem sich Angebot und Nachfrage im Gleichgewicht befinden. Dieser Schnittpunkt liefert den Preis für den an der Strombörse gehandelten Strom (gestrichelte waagerechte Linie). Wenn der Anteil an erneuerbarer Energien steigt, werden teurere Anbieter, hier die Steinkohle, nicht mehr oder nur teilweise benötigt. Der Börsen-Strompreis sinkt, was sich, wie wir uns erinnern, in steigenden Strompreisen für den Verbraucher niederschlägt. Bei 100% Erneuerbaren würde der Börsenpreis für Strom nach diesem Modell auf 0 sinken. Spätestens daran erkennt man die Fragwürdigkeit des ganzen Konstrukts.

Richtig wäre, die wahren Kosten der einzelnen Erzeugungsarten in Ansatz zu bringen, wohlgernekt inklusive der von Greenpeace ermittelten Folgekosten.

Umgehung von Merit-Order

Darüber hinaus hebeln die „Big-Player“ der Energiebranche unter Nutzung bestehender Gesetze den gesetzlichen Vorrang für die erneuerbaren Quellen permanent aus. Sie verkaufen ihren, aus fossilen Brennstoffen erzeugten Strom mit hoher Priorität über den Terminmarkt an ihre Abnehmer. Dadurch erwerben sie das Recht, Strom zu produzieren und einzuspeisen, **bevor** die Generatoren überhaupt angelaufen sind. Erneuerbare Energien-Einspeiser können ihren Strom dagegen nur kurzfristig über den Spotmarkt anbieten, während z.B. das Braunkohlekraftwerk bereits munter CO₂ ausstößt, um die fest vereinbarte Strommenge ans Netz zu liefern.

¹ [5.4.2.4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Merit-Order>

Prinzipiell entsteht dadurch ein Überangebot. Die Folge sind sinkende, sogar negative Strompreise [5.3.6] und stehende Propeller von Windkraftanlagen.

Überregionaler Stromverkauf

Politische Ignoranz gegenüber der Physik gibt es auch beim überregionalen Stromhandel. Der Betreiber eines Offshore Windparks in der Nordsee kann seinen Strom nach Süddeutschland verkaufen, es ist aber höchst unwahrscheinlich, dass dieser Offshore Strom auch wirklich in Süddeutschland ankommt und dort verbraucht wird. Wie sich die Lastflüsse im Netz verteilen, ist von sehr vielen Umständen abhängig.

Der Grund für das unbedingte Festhalten an einer zentralen Netzstruktur ist nicht die sichere Versorgung des Landes mit Elektroenergie, sondern die Legitimierung des überregionalen Stromhandels. Dieser profitiert heute davon, dass die Kosten des Netzausbaus von der Allgemeinheit getragen werden. Wir als Verbraucher zahlen Gebühren für die Netznutzung auch dann, wenn wir physikalisch gar keinen Strom aus dem Netz entnehmen. Unsere Stromrechnung sähe ganz anders aus, wenn die Netzkosten von den vom Stromhandel profitierenden Unternehmen getragen werden müssten.

Die Piraten fordern deshalb die Einführung einer Netzmaut. Dabei sollen die Netzkosten nicht linear steigend an die tatsächliche Netznutzung gebunden werden, sondern progressiv. Wer viel Strom aus dem Netz entnimmt zahlt mehr, wer wenig benötigt zahlt weniger. Damit wäre der Anreiz für den überregionalen Stromhandel wesentlich geringer.

Netzkosten

Der Stromfluss in unseren Netzen folgt den physikalischen Gesetzen. Für EE, welche regional erzeugt und verbraucht wird, werden trotzdem die vollen Kosten für die Netznutzung berechnet. Der Anteil dieser Netzentgelte an unserer Stromrechnung beträgt immerhin ca. 20%. Im nachfolgenden Link wird diese Problematik beispielhaft dargestellt [5.4.2.5]¹.

Die Netzentgelte enthalten externe Kosten, die vom jeweiligen Netzbetreiber nicht beeinflusst werden können und sogenannte vorgelagerte Netzkosten. Diese vorgelagerten Netzkosten werden anteilig über die verschiedenen Spannungsebenen umgewälzt [5.4.2.6]².

Es gibt noch einen weiteren Aspekt, die sogenannten **vermiedenen** Netzkosten. Ein Einspeiser, also z.B. der Betreiber einer Photovoltaikanlage vermeidet vorgelagerte Netzkosten, weil seine direkte Einspeisung den Leistungsbezug über die vorgelagerten Netzebenen reduziert. Dafür steht dem Einspeiser gemäß Stromnetzentgeltverordnung-StromNEV §18 ein Entgelt für die dezentrale Einspeisung zu. Das erhält er jedoch nicht, wenn er gemäß §19 EEG gefördert wird, also eine feste Vergütung für seinen erzeugten Strom erhält. [5.4.2.7]³

Der Berechnungsformalismus verschleiert die Tatsache, dass Netze, sofern selbstversorgende Zellen im Spiel sind, nicht im angegebenen Umfang genutzt werden. Wir als Kunden haben in der Regel einen Vertrag mit einem örtlichen Verteilnetzbetreiber das EVU. [5.4.2.8]⁴ Dieser zieht die Netzentgelte über unsere Stromrechnung ein und gibt sie anteilig an den vorgelagerten Netzbetreiber weiter. Wir zahlen auf diesem Wege also voll für eine Dienstleistung, die wir nicht oder nur teilweise in Anspruch nehmen.

Um es ganz konkret zu sagen: Der Betreiber einer üblichen modernen PV-Anlage mit eigenen Pufferbatterien kann sich zu 70 bis 80% selbst mit Strom versorgen. Er zahlt die Netzkosten demnach auch nur für die restlichen 20 bis 30% über seine normale Stromrechnung. So weit

1 [5.4.2.5] https://www.efzn.de/uploads/media/02_Thomas_Murche.pdf

2 [5.4.2.5] <http://www.stromtip.de/rubrik2/9103/4/Kosten-waelzen.html>

3 [5.4.2.6] http://www.gesetze-im-internet.de/stromnev/_18.html

4 [5.4.2.8] <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/Vertragsarten/vertragsarten-node.html>

so gut. Was aber, wenn die PV-Anlage etwas größer dimensioniert ist, um z.B. den Nachbarn innerhalb einer Niederspannungszelle mit Strom zu beliefern? Wieso profitieren die Anrainer einer Bürgerwindanlage, deren Strom physikalisch zu einem ansehnlichen Anteil von dieser Anlage innerhalb einer Mittelspannungszelle eingespeist wird, nicht von günstigeren Stromtarifen? Durch die lokale Einspeisung des Windstroms nehmen sie die Leitungswege der übergeordneten Netzbetreiber immerhin nur dann konform zu ihrer Rechnung in Anspruch, wenn absolute Windstille herrscht. Wenn der Wind weht, und die Anlage den Bedarf der Anrainer zu 100% deckt, fallen vorgelagerte Netzkosten nur bis zur Ebene der Bürgerwindanlage an. Die gängige Pauschalisierung der Netzkosten ist demnach unserer Meinung nach nicht zulässig.

Wir erkennen, dass hier das Ausblenden der elektrotechnischen Grundlagen zu absurden, für die Netzbetreiber allerdings recht einträglichen Szenarien führt.

Bei vollständiger Stromversorgung durch dezentral organisierte erneuerbare Energien würde der jährliche Übertragungsbedarf von 602 TWh auf 394 TWh (ausgehend vom Stand 2014) sinken.

Das bittere Resümee

Das alles hat nicht einmal ansatzweise mit freier Marktwirtschaft oder Wettbewerb zu tun. Die realen physikalischen Gesetzmäßigkeiten werden von den politisch Verantwortlichen vollständig ausgeblendet. Alles wird in ein Gesetz, das EEG, gegossen, welches die Vorteile erneuerbarer Energien in Nachteile für den Endkunden verwandelt.

In dem oben beschriebenen zellulären Vermarktungssystem ist ein Konstrukt wie die EEG Umlage nicht notwendig. Die Erzeuger von Solar- und Windstrom decken ihren Eigenbedarf und den Eigenbedarf der Zelle. Der Strompreis dafür wird von den Teilnehmern der Zelle vereinbart. Überschüsse werden dem Energieversorger angeboten. Die Preise dafür richten sich nach Angebot und Nachfrage.

5.4.3 Die Lügenwelt des Stromnetzausbaus

Deutschland verfügt über ein sehr gut ausgebautes Netz zur Energieverteilung. In Abbildung 5.6. wird das 220/380 kV Übertragungsnetz und das Erdgastransportnetz Deutschlands dargestellt. Um den Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Stromanbietern zu ermöglichen, darf es angeblich keine physikalischen Beschränkungen durch die Netze geben. Deshalb sollen die Netze so ausgebaut werden, dass Energie an beliebigen Stellen mit beliebiger Leistung in sie eingespeist werden kann; fossil erzeugte Energie ebenso wie EE. Das ist das schon in der Einführung dieses Kapitels erwähnte Prinzip der Kupferplatte, konzipiert in der dena-Netzstudie II aus dem Jahre 2010. Dieses Grundprinzip findet seine Umsetzung in den gegenwärtigen Netzausbauplänen.

Ein solcher Netzausbau grenzt, selbst wenn man eine zentrale Netzstruktur zugrunde legt, an Größenwahn. Er soll sowohl die Erfordernisse der heutigen Welt der fossilen Energieerzeugung als auch die zukünftige Welt der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen befriedigen. Schon mittelfristig, ob wir das wollen oder nicht, wird es aber keine Stromproduktion aus fossilen Quellen mehr geben. Damit werden auch die Übertragungskapazitäten für fossil erzeugten Strom nicht mehr benötigt.

Es drängt sich der Gedanke auf, dass die von der Wirtschaft gelenkte Politik auch in Zukunft nicht auf fossile Erzeugung verzichten will. Dann wäre das von der Bundesregierung selbst in der Vergangenheit immer wieder propagierte Ziel (s. u.a. [5.3.6]) einer 100%igen Umstellung auf EE bis 2050 schlicht eine Lüge.

Im Abschnitt 5.4 wurde auf die VDE Studie „der zelluläre Ansatz“ verwiesen. Auch unter diesen Bedingungen ist ein übergeordnetes Netz, ein Übertragungsnetz im heutigen Sinne, notwendig. Dieses Netz hat mehrere Aufgaben. Es ermöglicht zum einen den Energieaustausch zwischen

den Zellen, also den Stromhandel. Außerdem dient es zur Versorgung von Großabnehmern, die nicht Bestandteil einer untergeordneten Zelle sein können. Eine Kupferhütte in Hamburg oder ein Chemiewerk in Sachsen-Anhalt benötigen Leistungen im Bereich mehrerer hundert MW. Die unterbrechungsfreie Sicherstellung eines solchen Leistungsbedarfs unter den Bedingungen der ausschließlichen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen ist in der Tat eine technische Herausforderung, der wir uns gemeinsam stellen müssen. Gegenwärtig gibt es dazu aber kaum Überlegungen in den veröffentlichten Szenarien.

Das Übertragungsnetz hat eine wichtige Funktion als „Sicherheitsnetz“. Bei Störungen innerhalb einer Zelle wird die Versorgung der intakten Elemente der Zelle über das klassische Übertragungs- und Verteilnetz sichergestellt. Umgekehrt - bei Ausfall des Übertragungs- und Verteilnetzes kann sich die Zelle unter Einschränkungen selbst versorgen.

Das (n-1) - Prinzip

Unser Stromnetz ist, wie der Name schon vermuten lässt, ein Netzwerk verschiedener Leitungssysteme zur Übertragung von elektrischer Energie. Wenn eine Leitung, also ein Teil des Netzwerkes, ausfällt „sucht“ sich der Strom einen anderen Weg durch das Netz. Das hat zur Folge, dass andere Leitungen dieses Netzes jetzt stärker belastet werden.

Die (n-1)-Regel besagt nun, dass bei Ausfall oder Abschaltung eines Betriebsmittels, also einer Leitung, einer Schaltanlage oder eines Transformators, die verbleibenden Betriebsmittel nicht überlastet werden dürfen. Auch der Ausfall von Generatoren ist in diese Betrachtung einbezogen. Der Gesamtbetrieb der Stromversorgung muss unter solchen Umständen aufrechterhalten werden. Das heißt auch, dass bei einer geplanten Abschaltung eines Betriebsmittels z.B. zu Wartungszwecken, der Ausfall eines weiteren Elementes infolge einer Störung abzusichern ist. Das (n-1)-Prinzip muss auch für die Situation maximaler Last erfüllt bleiben.

Bei einer dezentralen Netzstruktur wird das (n-1)-Prinzip auf einer komplexen Ebene erweitert. Bei Ausfall der übergeordneten Versorgungsstruktur gehen die Zellen in den Inselbetrieb und damit zur Eigenversorgung über. Bei Störungen innerhalb einer Zelle wird diese vom übergeordneten Netz getrennt. Die gestörte Zelle geht gewissermaßen in Quarantäne. Kettenreaktionen, mit weiterreichenden Ausfällen der Energieversorgung, die zu einem flächendeckenden Zusammenbruch der Stromversorgung führen können, sind nicht mehr möglich.

Das (n-1) Prinzip beschreibt die prinzipielle Vorgehensweise, das heißt im praktischen Betrieb ist dieses Prinzip nicht immer anwendbar. Wenn wir uns die Abbildung **5.4**, zellulärer Ansatz bis Ortsnetzverbund – Zelle, noch einmal anschauen, wird das klar. Wenn nur eine Verbindung zu einem Abnehmer oder zu einer Gruppe von Abnehmern existiert, so ist bei einer Unterbrechung dieser Verbindung die Versorgung nicht möglich. Das (n-1) Prinzip kann nicht umgesetzt werden. Im Bereich der Niederspannung, also in den Ortsnetzen nimmt man das bewusst in Kauf, da in der Regel nur wenige Stromabnehmer betroffen sind.

Im Bereich der Hoch- und Höchstspannung haben wir dagegen ein stark vermaschtes Netz. Das (n-1) Prinzip ist hier strikt einzuhalten. So sind Umspannwerke immer über zwei Leitungssysteme eingebunden. Wartungsarbeiten müssen unter Umständen zu lastschwachen Zeiten, also z.B. am Wochenende durchgeführt werden, um im Fehlerfall Überlastungen und damit weitere Ausfälle zu vermeiden.

Das (n-1) Prinzip besagt aber auch, dass *ein* Betriebsmittel ausfallen darf. In einem weiträumigen Netz ist es jedoch denkbar, dass mehr als ein Betriebsmittel, also z.B. eine Leitung und gleichzeitig ein Generator, ausfallen. Auch wenn die Ausfälle an weit voneinander liegenden Stellen des Netzes auftreten, sind die Folgen nicht einfach zu überblicken. Unter ungünstigen Umständen treten jetzt Überlastungen von weiteren Netzelementen ein. Das führt zu weiteren Ausfällen, es beginnt eine Kettenreaktion, die zum Zusammenbruch des Netzes

dem „Black Out“ führen kann. Die Verfahrensweise bei einer dezentralen Netzstruktur kann eine völlig andere sein. Wie wir in [1.7.1.2] sehen konnten, zerfiel das europäische Netz bei der Großstörung am 4.11.2006 in drei Teilnetze. Die Art, Größe und Anzahl der Teilnetze war weder geplant noch vorhersehbar.

Bei einer zellularen Struktur kann man, abhängig vom Störfall und von der jeweiligen zellularen Struktur, gezielt vorher definierte Teilnetze bilden. Das Teilnetz, nämlich unsere Zelle, trennt sich vom übergeordneten Netz, wenn bestimmte Lastflüsse an den Schnittstellen zum übergeordneten Netz eintreten. Wenn also in Abb. 5.4 die Einspeisung für die Ortsnetzstation ausfällt, so würden die nachgeordneten Zellen, rein physikalisch bedingt, die ausgefallene Leistung ersetzen. Das würde im Zusammenhang mit einer zu niedrigen Netzfrequenz zu einem hohen Lastfluss aus der Zelle heraus führen. Damit bekommt die Zelle das Signal zur Netztrennung bzw. zum Übergang in den Inselbetrieb. Inselbetrieb bedeutet, alle Verbraucher und Erzeuger innerhalb der Zelle funktionieren weiterhin.

Der Sinn der Zellbildung ist die Stabilisierung der Versorgung innerhalb der zellularen Struktur beginnend auf der untersten Ebene, sprich der kleinsten Niederspannungszelle. Die Stabilisierung, d.h. die Herstellung einer ausgeglichenen Leistungsbilanz, geschieht ständig und nicht erst im Störfall.

5.4.4 Der technische Übergang

Im Zuge der Energiewende muss sich die Bereitstellung der Energie von einer versorgenden zu einer selbstversorgenden Struktur wandeln. Das ist einer der Grundgedanken des zellularen Ansatzes. In der Vergangenheit wurde der Strom hauptsächlich von Großkraftwerken erzeugt und über die verschiedenen Netzebenen gewissermaßen von oben, der höchsten Spannungsebene nach unten zu den niederen Spannungsebenen verteilt. Mit dem wachsenden Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung wird immer mehr Strom in die unteren Spannungsebenen eingespeist und muss dann, bei einem regionalen Stromüberschuss von unten nach oben verteilt werden.

Mit dem nun in beide Richtungen möglichen Stromfluss sind enorme technische Herausforderungen verbunden.

Bereits heute speisen weit mehr als eine Million Stromerzeugungsanlagen deutschlandweit auf unterschiedlichen Spannungsebenen in ein aus vier Regelzonen bestehendes zentrales Netz ein; mit witterungsbedingt wechselnder und damit zeitlich schwer prognostizierbarer Leistung. Eine Regelzone ist physikalisch betrachtet schon ein dezentrales Netzgebilde was unter Einschränkungen inselfähig ist. In den letzten Jahren mussten die Energieversorger immer mehr kurzfristige Eingriffe in die Leistungssteuerung (sogenannte „Redispatchmaßnahmen“) vornehmen, um Stromerzeugung und Stromverbrauch im Gleichgewicht zu halten. Wenn im Rahmen der Energiewende der Strom künftig aus noch deutlich mehr PV- und Windkraftanlagen kommt und händisch gemanagt werden muss, wird die Gefahr eines Ausfalls von großen Teilen der Stromversorgung oder sogar eines totalen Ausfalls („Black-Out“) mit katastrophalen Folgen immer größer.

Die enorme Anzahl von Stromerzeugungsanlagen wäre nur durch eine verstärkte Prozessautomatisierung handhab- aber nicht wirklich beherrschbar. Die entsprechenden Algorithmen wurden von Menschen erdacht und können Fehler enthalten. Es ist auch nicht möglich, alle technischen Ausfälle von Netzkomponenten oder Betriebsstörungen mit ihren möglichen Kettenreaktionen in einem derart komplexen Versorgungssystem vorherzusagen und hierfür Lösungen zu programmieren. Hinzu kommt die zunehmende Gefahr von Cyberangriffen, also das bewusste, kriminelle Suchen nach Sicherheitslücken und Fehlfunktionen, mit dem Ziel, die Versorgungsstruktur lahm zu legen [5.4.3.1]¹. Anschaulich und gleichzeitig beängstigend wird uns deutlich gemacht wo wir heute stehen. Von einer irgendwie gearteten

¹ [5.4.3.1] <http://future.arte.tv/de/netwars-out-ctrl?language=de>

„Versorgungssicherheit“ sind wir bereits weit entfernt.

All die genannten Schwierigkeiten entstehen durch das Festhalten an einer zentralen Struktur der Energieversorgung. Mit einer an Dummheit grenzenden Ignoranz werden keine anderen Lösungen untersucht oder zugelassen. Es besteht faktisch ein Denkverbot. Das Teilprojekt „C/sells“ des Förderprogramms „Schaufenster intelligente Energie“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Beginn Herbst 2016) setzt immerhin hier an, indem eine Netzstruktur mit unterschiedlich großen Inseln gebildet und untersucht werden soll. Die Erwartung ist, dass damit eine effiziente und weniger störanfällige Energieinfrastruktur entsteht.

Die notwendigen, die gewünschten und die wahren Szenarien

Interessant ist, dass in den Szenariorahmen der Übertragungsnetzbetreiber bis 2025 nur ein Anteil bis max. 47% erneuerbare Energien berücksichtigt wird [5.4.4]. Wir Piraten halten, wie schon mehrfach im Rahmen dieser Arbeit erwähnt, 100% für notwendig. Auf lange Sicht kommen wir um die 100% ohnehin nicht herum, weil der Vorrat an fossilen Energieträgern endlich ist.

Wer wünscht sich also weniger als 100% und warum? Wie sehen die wahren Szenarien aus, die in den Amtsstuben der hohen Politik mit dem festen Vorsatz der Realisierung unter weitgehendem Ausschluss der Öffentlichkeit erdacht werden?

Aufgrund der vielen von uns gesichteten offiziellen Dokumente beschleicht uns der Verdacht, dass es den Entscheidern im Moment vor allem darum geht, eine komplette Wende hin zu regenerativen Energien so lange wie möglich hinauszuzögern.

Mit dieser Projektstudie des BMWi ergibt sich eine Situation, die man schon als schizophren bezeichnen kann. Das gleiche Bundesministerium schreibt den Netzausbau auf Grundlage der bisherigen Szenariorahmen, welche auf der zentralen Energieinfrastruktur beruhen, gesetzlich fest, ohne die Ergebnisse des selbst initiierten Projekts abzuwarten.

Die Versorgung mit Elektroenergie gehört, wie bereits eingangs gesagt, zur öffentlichen Daseinsvorsorge. Das heißt, die Versorgung mit Elektroenergie muss unter allen denkbaren Bedingungen sichergestellt werden. Natürlich wird der Grad der Sicherstellung immer von den aktuellen Umständen abhängen und niemals 100% sein können. Aber die für die Gesellschaft essenziellen Bedürfnisse müssen definitiv permanent befriedigt werden.

Für die Zeit des Übergangs von der Versorgung mit fossiler bis zur vollständigen Versorgung mit regenerativer Energie brauchen wir Übergangslösungen.

Von den heute ca. 30% Energieerzeugung aus regenerativen Quellen zu 100% ist es noch ein weiter Weg. Fossile Energieerzeuger werden mittelfristig weiterhin notwendig sein. Sie sollten aber sukzessive immer weniger an der laufenden Stromerzeugung teilhaben und immer mehr als Reserve dienen. Gaskraftwerke spielen in der Bereitstellung der Reserve die Hauptrolle. Zum einen haben sie einen deutlich höheren Wirkungsgrad als Kohlekraftwerke und können überdies als Brennstoff regenerativ erzeugtes Gas aus dem Power to Gas-Verfahren nutzen, wenn Erdgas nicht mehr zur Verfügung steht. Steinkohlekraftwerke eignen sich als kalte Reserve, wenn man sie konserviert und betriebsbereit vorhält. Sie erhalten einen definierten Kohlevorrat und werden nur im absoluten Ausnahmefall angefahren. Diese Maßnahmen sind als Brückentechnologie so lange notwendig, bis wir technisch in der Lage sind, die gesamte benötigte Energie regenerativ zu erzeugen und Produktionsüberschüsse so lange zu speichern, dass die Speicherinhalte für einen hinreichend langen Zeitraum genügen, Produktionsengpässe zu überbrücken.

5.5 Strukturbruch oder Strukturwandel

Wir haben bereits hinlänglich begründet, dass es zu einem umfassenden Strukturwandel bei der Versorgung mit Energie kommen wird und kommen muss. Dieser Strukturwandel hat die Dimension einer technischen Revolution. Wer das leugnet und auf „immer weiter so“ beharrt,

begeht ein Verbrechen an unseren zukünftigen Generationen. Sie hätten dann keine Zukunft. Es ist keine neue Erkenntnis, dass unsere Rohstoffe nicht ewig reichen werden. Das tun sie nur, wenn wir „ewig“ als unsere eigene kurze Lebensspanne definieren.

Dürfen wir wirklich „immer weiter so“ machen ?

Im Jahr 20xy wurde die Förderung und der Handel mit fossilen Energieträgern praktisch eingestellt. Länder mit Ressourcen sichern ausschließlich ihre nationale Versorgung. Die Braunkohlevorräte in Deutschland sind erschöpft. Kleinstädte im Oberlausitzer Braunkohlenrevier wurden abgerissen um die letzte darunter liegende Braunkohle fördern zu können. Viele EE Anlagen sind wegen Unwirtschaftlichkeit außer Betrieb. Große Solarparks wurden geplündert. Weltweit werden Kriege um die letzten fossilen Rohstoffe geführt. Das gerade fertiggestellte Großprojekt DESERTEC liefert keinen Strom nach Europa. Bei Unruhen in Spanien und Portugal wurden die HGÜ Leitungen des Super Grid Systems zerstört. Im Kernkraftwerk Fessenheim kam es bei einem Atomunfall zur Kernschmelze. Die austretende Radioaktivität hat weite Teile Süddeutschlands unbewohnbar gemacht. Städte wie Freiburg und Basel gehören zur unmittelbaren Todeszone. Millionen Menschen in Europa wurden über Nacht zu Flüchtlingen. Das Gesellschafts- und Wirtschaftssystem, so wie wir es kennen, ist zusammengebrochen.

Wir wollen durchaus zugestehen das wir hier ein wirklich schwarzes Bild unserer Zukunft zeichnen. Aber viele Anzeichen deuten auf solche Szenarien hin. In einer Untersuchung [5.3.3] des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag wurden solche Folgen untersucht und bewertet. Nicht nur wir machen uns Sorgen um unsere und unser Kinder Zukunft. Es hat keinen Zweck, den Kopf in den Sand zu stecken und zu denken "mich wird es schon nicht treffen". Wenn wir heute nicht aktiv werden wird es unausweichlich so oder so ähnlich kommen.

Noch ist Zeit, sich auf einen sanften Übergang vorzubereiten. Genau das geschieht aber nicht. Der Wirtschaftsminister spricht stattdessen schon jetzt von einem Strukturbruch, den unsere Energiewirtschaft angeblich nicht verkraften kann. Mit Energiewirtschaft meint Herr Gabriel vor allem die großen Energiekonzerne und übernimmt nahezu ungefiltert deren Sprachgebrauch. Durch die Untätigkeit der politisch Verantwortlichen, durch das verantwortungslose Ignorieren aller Warnungen wird es zu einem viel größerem Strukturbruch kommen, den wir uns in seinen Auswirkungen weder vorstellen können noch vorstellen wollen [5.5.1]¹.

Was passiert, wenn wir plötzlich feststellen, Braunkohle, Öl und Gas sind nicht mehr verfügbar? Dann würden ganze Wertschöpfungsketten genauso plötzlich kollabieren und dabei würden sehr viel mehr Arbeitsplätze verloren gehen als Herr Gabriel sie heute durch seine gegenüber den großen Energieerzeugern praktizierte Protektionspolitik angeblich retten will.

Um es deutlich zu sagen: Wir Piraten wollen einen Strukturwandel und eben keinen, die gesamte Zivilgesellschaft bedrohenden Strukturbruch.

Oft wird argumentiert, dass es, rein ökonomisch betrachtet, Unsinn ist, die existierenden Kraftwerke abzuschalten und durch PV- und Windkraftanlagen zu ersetzen. Aber ist dem wirklich so?

Der Fehler dieser Argumentation besteht darin, dass man davon ausgeht, die konventionellen Kraftwerke könnten ewig existieren. Wie wir wissen, halten auch unsere sogenannten langlebigen Wirtschaftsgüter wie Waschmaschinen, Möbel oder Autos nur eine begrenzte Zeit. Selbst Gebäude müssen abgerissen werden, wenn eine Sanierung sich als teurer als ein Neubau erweist.

Hinsichtlich unserer Kraftwerke geht die Bundesnetzagentur im Szenariorahmen 2030 von einer 35 bis 45 jährigen Lebensdauer aus. Bedingt ist diese Einschränkung der Lebensdauer vor allem durch Materialverschleiß, dem durch Reparaturen im Rahmen der wirtschaftlichen Rentabilität ab einem bestimmten Punkt nicht mehr entgegengewirkt werden kann.

¹ [5.5.1] <http://www.zdf.de/zdfzoom/zdfzoom-sonne-wind-und-wut-43199288.html>

Die existierenden Kraftwerke müssen also ohnehin irgendwann den Platz für andere Anlagen räumen. Dann spricht auch nichts dagegen, wenn diese neuen Anlagen Energie aus erneuerbaren Quellen erzeugen. Platziert man diese neuen Anlagen gleichzeitig an den Standorten ehemaliger Wärme- oder Atomkraftwerke, kann sofort auf deren noch vorhandene Infrastruktur wie Leitungen und Schaltanlagen zurückgegriffen werden. In den Gebäuden ließen sich große Mengen Stromspeicher unterbringen.

Das eigentliche Problem besteht darin, dass die Großunternehmen der Energiewirtschaft im eigenen begrenzten Rahmen nur für sich selbst ökonomisch sinnvoll agieren, nicht aber im Umfeld der gesamten Volkswirtschaft. Investitionen in neue Technologien **kosten** Geld, mit alter Technik, die buchhalterisch z.T. schon komplett abgeschrieben ist, lässt sich dagegen vortrefflich Geld **verdienen**. Dieser Herangehensweise kann nur politisch begegnet werden. Dazu müsste sich allerdings die aktuelle Politik ändern.

5.6 Gelebte Demokratie?

5.6.1 Unser Anspruch

Die Versorgung mit Energie betrifft die gesamte Gesellschaft. Alle in diesem Umfeld getroffenen Entscheidungen haben weitreichende Konsequenzen für unsere Zukunft. Einige, teils

Die Aarhus Konvention

Die Aarhus Konvention [5.6.1.1] ist ein völkerrechtlicher Vertrag der UNECE [5.6.1.2] über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung und den Zugang zu Gerichten bei Umweltangelegenheiten.

Deutschland war erst nach der Einleitung eines EU-Vertragsverletzungsverfahrens bereit, die Aarhus Konvention in nationale Gesetze umzusetzen Umweltrechtsbehelfsgesetz; [5.6.1.3].

Damit können einzelne Personen und Verbände umfassenden Einblick in relevante Unterlagen von Projekten, die die Umwelt beeinflussen, verlangen. Außerdem können erstmalig auch Verbände gegen umweltschädliche Projekte klagen.

Dass die politisch Verantwortlichen mit den in der Aarhus Konvention verankerten Transparenzkriterien und mit Bürgerbeteiligung an sich dennoch Probleme haben, sieht man z.B. an [5.4.4.4]. Erst die Gefahr einer weiteren Verurteilung auf völkerrechtlicher Ebene führte zu einer Nachbesserung der Gesetze. Aber auch diese Nachbesserung genügt anscheinend noch nicht allen Anforderungen. Deshalb wird eine Klage vor der UN vorbereitet [5.6.1.5].

kostenintensive Fehlplanungen sind nicht mehr rückgängig zu machen. Weil jedoch alle Bürger betroffen sind, muss die gesamte Zivilgesellschaft heute und in der Zukunft das Recht zur Mitgestaltung der Energiewende haben.

5.6.2 Die Wirklichkeit

Die Realität sieht leider anders aus. Die Wahl der grundsätzlichen Wege haben die von uns gewählten Repräsentanten unserer parlamentarischen Demokratie längst getroffen, ohne uns Bürger einzubeziehen.

In diversen Informationsveranstaltungen der Bundesnetzagentur oder der Übertragungsnetzbetreiber wird nur über die Einzelheiten der bereits vor Jahren gefällten Grundsatzentscheidungen informiert, ohne dass der Bürger das Recht hat, diese z.T. sehr fragwürdigen und von Partikularinteressen getriebenen Grundsatzentscheidungen zu hinterfragen oder gar infrage zu stellen. Wir waren oft Gast solcher Veranstaltungen und wissen daher, mit welcher Kaltschnäuzigkeit unwiderlegbare Fakten abgebugelt werden.

Auf der Basis des „großen Energieplans“ unserer derzeitigen Bundesregierung dürfen die Übertragungsnetzbetreiber, sogenannte Szenariorahmen erarbeiten. Auf deren Grundlage wiederum

werden dann, ebenfalls von den Übertragungsnetzbetreibern, die Ausbaupläne zum Netzausbau erstellt. Damit entsteht dann schon eine sehr konkrete Planung, die der Bundesnetzagentur zugearbeitet wird. Die Aufgabe der Bundesnetzagentur besteht gemäß ihrem Auftrag nur darin zu prüfen, ob die Zuarbeit der Übertragungsnetzbetreiber der Aufrechterhaltung und Förderung des Wettbewerbs zwischen den Stromanbietern dienlich ist oder nicht. Zu einer umfassenden inhaltlich-technischen Prüfung ist die Bundesnetzagentur weder autorisiert noch in der Lage. Das Zurückrollen der konkreten Planung kann außerdem sehr leicht mit dem Hinweis auf explodierende Kosten verhindert werden. Dass die Grundlagen und Voraussetzungen für die durch die Übertragungsnetzbetreiber erarbeiteten Szenario-rahmen und Ausbaupläne in wesentlichen Teilen nicht öffentlich zugänglich sind, ist dann nur konsequent. Selbstbedienung kann so schön sein.

Netzausbau unter öffentlicher Beteiligung?

In der Veröffentlichung der Bundesnetzagentur „Bedarfsermittlung 2024 Bestätigung Netzentwicklungsplan Strom (Zieljahr 2024)“ S. 139 Maßnahme D18: Wolmirstedt – Gundremmingen wird Folgendes ausgeführt:

Zitat:

„Einige Konsultationsteilnehmer meinen, die HGÜ-Verbindung sei nicht erforderlich, weil der Bedarf aufgrund einer falschen Methode ermittelt worden sei. Statt die Maßnahme zu errichten, solle das Marktdesign angepasst werden. Einige Konsultationsteilnehmer fordern in diesem Zusammenhang die Prüfung eines alternativen Marktmodells mit Vorrang für Gaskraftwerke. Das derzeitige Modell führe dazu, dass moderne Gaskraftwerke wie Irsching unrentabel werden. Dies widerspreche einem Grundgedanken der Energiewende. Bei einer dezentralen, verbrauchsnahe Erzeugung bestehe kein Bedarf für Korridor D. Bayern würde die benötigte Energie in Zukunft vor Ort durch eigene regenerative Kraftwerke bereitstellen. Der Korridor D mache dezentrale Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele zunichte. Bisherige gemeindliche STRECKENMASSNAHMEN Anstrengungen zur regionalen Ausschöpfung von Energiepotenzialen würden nicht berücksichtigt und durch die zentrale Versorgung ausgehebelt. Mehrere Konsultationsteilnehmer äußern die Befürchtung, dass der Bau der HGÜ-Korridore die Stellung der Übertragungsnetzbetreiber verfestige und der regionalen Perspektive der Energiewende den wirtschaftlichen Boden entziehe. Durch einen Ausbau in HGÜ-Technik werde über Jahrzehnte eine Struktur festgeschrieben, in der neue und innovative regionale Versorgungskonzepte deutlich weniger Chancen hätten. Für eine sinnvolle Optimierung von lokalen und dezentralen Versorgungsstrukturen, die auch einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten könnten, gäbe es keine Marktanreize mehr.“

Antwort der Bundesnetzagentur:

Zitat:

*„Die Bedarfsermittlung zum Netzausbau hat sich daran zu orientieren, welcher energiepolitische Rahmen sich innerhalb des Betrachtungszeitraums als wahrscheinlich darstellt. Das dem Netzentwicklungsplan zu Grunde liegende Marktmodell (vgl. Abschnitt II C) basiert daher auf den aktuellen energiewirtschaftlichen und **rechtlichen Rahmenbedingungen**. Mit den im EEG gesetzlich festgelegten Ausbauzielen für erneuerbare Energien und dem Bekenntnis zum Strommarkt 2.0 hat die Bundesregierung dieses Marktdesign ausdrücklich und langfristig festgeschrieben. Politische Mehrheiten, die eine Abkehr von marktwirtschaftlichen Ansätzen zu einer **planwirtschaftlich gelenkten Energiewirtschaft** einschließlich der Festlegung bestimmter Kraftwerkstypen und -standorte bewirken könnten, sind nicht ersichtlich. Sofern man unter einer regionalen Perspektive versteht, dass eine „dezentrale“ (im Sinne von „verbrauchsnahe“) Energieversorgung dem weiträumigen Stromtransport vorzuziehen sei, ist das ein nachvollziehbares Anliegen vieler Konsultationsteilnehmer. Auch hier gilt jedoch, dass nicht der Netzausbau im Allgemeinen*

oder gar eine einzelne Netzausbaumaßnahme im Besonderen solche Lösungen behindert, sondern dass *eine dezentrale Erzeugungsstruktur ihrerseits nicht das Potenzial besitzt, den erforderlichen Netzausbau im Übertragungsnetz zu reduzieren*. Denn in verbrauchsstarken Regionen wäre sie nicht in der Lage, den Strombedarf zu decken, auch nicht in Verbindung mit Speichern oder anderen Flexibilitätsoptionen (vgl. Abschnitte IV A 2 und IV A 3). Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist der Netzausbau schlicht die wirtschaftlichste Option, selbst wenn man, wie im Übrigen in der Modellierung geschehen, die bestehenden Marktanreize für dezentrale Strukturen berücksichtigt.“

Ohne das Zitat zu verfälschen, wurden einige Passagen blau gekennzeichnet. Bereits vor langer Zeit wurden also die Rahmenbedingungen festgelegt, unter denen eine Energiewende stattzufinden hat. Der Grund dafür war ausschließlich die Sicherung und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Energiewirtschaft. Auf Seite 10 der dena Netzstudie II vom November 2010 kann man das nachlesen.

Zitat:

*„Ein zentrales Ziel der Untersuchungen der dena-Netzstudie II ist die Ermittlung des Anpassungsbedarfs im deutschen Übertragungsnetz infolge der erwarteten Entwicklung für den Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere der Windenergienutzung, im Zeitraum 2015 bis 2020 (mit Ausblick 2025) in Verbindung mit den Anforderungen des europäischen Stromhandels und einer *marktgetriebenen, optimalen Fahrweise des konventionellen Kraftwerksparks*.“*

Aus den Erkenntnissen der dena-Netzstudie II wurden nach und nach die heutigen rechtlichen Rahmenbedingungen entwickelt. Wie man aus der Zusammensetzung der „Projektsteuerungsgruppe“ zur dena-Netzstudie II erkennen kann, gab es an dieser Studie keinerlei Bürgerbeteiligung.

Auf der Grundlage der nun im EEG gesetzlich festgelegten Ausbauziele werden die Szenariorahmen der Übertragungsnetzbetreiber erarbeitet. Diese Szenariorahmen werden kaum hinterfragt und wenig öffentlich diskutiert, weil sie schließlich auf den gesetzlich festgelegten Ausbauzielen basieren. Logischerweise sind dann auch die aus den Ausbauzielen abgeleiteten Netzentwicklungspläne nicht mehr diskutabel. Mehr als eine Alibi- Bürgerbeteiligung hat also bis zu diesem Punkt nicht stattgefunden. Was dann folgt, ist die Präsentation bestimmter, bereits grundsätzlich feststehender Einzelprojekte. Der Bürger darf zu Details Stellung nehmen, während ihm seine von ihm selbst gewählten Repräsentanten bzw. die ausführenden Unternehmen die grundsätzliche Notwendigkeit der Realisierung der Projekte als – zitieren wir an dieser Stelle unsere Kanzlerin – alternativlos verkaufen.

„Die Bundesregierung hat dieses Marktdesign ausdrücklich und langfristig festgeschrieben“.

Dem ist nichts mehr hinzuzufügen. Der Markt wurde vermutlich nicht aus Versehen so „designt“, dass das Design bestens kompatibel zu den Interessen der Energieindustrie ist. Wichtiger Baustein des Designs ist die Subventionierung, also die Bevorzugung bestimmter Kraftwerkstypen (Braunkohlekraftwerke und im Bereich der Erneuerbaren große Offshore-Windparks) und die Benachteiligung anderer Stromerzeugungsanlagen. Bei letzteren könnten zu viele Bürgergenossenschaften oder einzelne Bürger als Produzent und Konkurrent zu den etablierten Erzeugern in Erscheinung treten. Dieses Vorgehen ist viel mehr eine *„planwirtschaftlich gelenkte Energiewirtschaft“, als die, die man „einigen Konsultationsteilnehmern“* unterstellt.

Zur Frage einer dezentralen Netzstruktur wird behauptet, dass *„eine dezentrale Erzeugungsstruktur ihrerseits nicht das Potenzial besitzt, den erforderlichen Netzausbau im Übertragungsnetz zu reduzieren“*. Das ist zuerst einmal eine unbewiesene Behauptung und zum zweiten eine bewusste Irreführung der Bürger. Der Bundesregierung, der Bundesnetzagentur und auch den Netzbetreibern sind natürlich von uns schon zitierten Studien renommierter Institute wie des Fraunhofer oder des VDE bekannt. Pikanterweise belegen diese Studien das genau Gegenteil. Weitere, nähere Untersuchungen einer konsequenten

dezentralen Netzstruktur sind in höchstem Maße unerwünscht. Es herrscht faktisch ein verordnetes Denkverbot. Das nachfolgende Zitat ist natürlich richtig, unter den gegebenen Rahmenbedingungen. Aber die hat man sich, am „gemeinen Volk“ vorbei, einfach selbst gegeben. Man gönnt sich ja sonst nichts.

„Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist der Netzausbau schlicht die wirtschaftlichste Option.“

Basta – möchte man da noch hinzufügen. Oder vielleicht doch nicht...?

5.6.3 Folgerungen

Es ist klar zu erkennen - es gibt zur Zeit kein wirksames politisches Korrektiv. Was einzig bleibt, ist der bürgerliche Widerstand, die Forderung der Betroffenen nach einer umfassenden Beteiligung an der Gestaltung der Energiewende. Das hat uns u.a. dazu bewogen, dieses Orangebuch zu verfassen. Wir sind einfach der Meinung, dass der derzeitige Zustand der Desinformation über die Zukunft unserer Energieversorgung unhaltbar ist. Mehr Bürgerbeteiligung, nicht nur in dieser Frage, ist dringend notwendig.

Die technische Umsetzung der Energiewende ist sehr komplex und erfordert umfangreiche Sachkenntnisse auf vielen Fachgebieten. Das kann ein einzelner Bürger nicht leisten. Um bestimmte Entscheidungen zu hinterfragen, sind technisch Sachinformationen notwendig. Diese Informationen werden jedoch für vertraulich erklärt. Damit wird klar, dass eine qualifizierte Mitarbeit nicht nur nicht erwünscht ist sondern auch, unter Strafandrohung, verhindert wird.

In der Veröffentlichung zum Strommarkt 2.0 des BMWi werden gleich in der Präambel einige interessante Aussagen getroffen:

„Es werden 13% der Braunkohlenkapazitäten in eine "Sicherheitsbereitschaft" mit anschließender endgültiger Stilllegung überführt.“

Von einer Beendigung der fossilen Erzeugung mittels Braunkohle ist also nicht die Rede.

Besonders krass ist die folgende Aussage:

dass "...niemand Strom verkaufen darf, den er nicht zeitgleich auch ins Netz einspeist.“

Das scheint völliger Unsinn zu sein. Niemand *kann* Strom verkaufen den er nicht in das Netz einspeist. Und *wenn* jemand Strom in das Netz einspeist so hat er auch technisch einen Abnehmer gefunden. Das sind schlicht die physikalischen Grundlagen.

Mit solchen und ähnlichen Veröffentlichungen werden Nebelwände aufgebaut, in denen sich nicht mal mehr die Verursacher zurechtfinden. Pseudostudien, aus hunderten Seiten bestehend, behandeln Themen, die niemanden interessieren und die deshalb auch nur wenige lesen. So werden wir von den wirklichen Kernfragen abgelenkt. [5.6.3.1]¹

5.6.4 Unser konstruktiver Vorschlag

Eine dezentrale Netzstruktur wird von der Politik derzeit abgelehnt, weil „...eine dezentrale Erzeugungsstruktur ihrerseits nicht das Potenzial besitzt, den erforderlichen Netzausbau im Übertragungsnetz zu reduzieren“. Es wurde mehrfach belegt, dass dem nicht so ist.

Für uns als Verbraucher elektrischer Energie ist das eine unbefriedigende Situation. Einerseits die o.g. Behauptung der BnetzA, auf der anderen Seite die Untersuchungen renommierter Organisationen. Wir brauchen die Offenlegung der tatsächlichen Verhältnisse. Die Ergebnisse dieser Messungen müssen ungefiltert für jeden interessierten Verbraucher zugänglich sein.

¹[5.6.3.1] <https://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Strommarkt-der-Zukunft/strommarkt-2-0.html>

In dem schon erwähnten Projekt „C/sells“ des BMWi wird eine Untersuchung von dezentralen Strukturen durchgeführt. Wir unterstützen diese Untersuchung ausdrücklich und schlagen dazu unter Führung des BMWi ein bundesweites Pilotprojekt zur Erfassung von Leistungsflüssen auf der Ebene der Endverbraucher vor. Ortsnetze genügen ohnehin grob einer Baumstruktur, so dass sich hier bereits Zellen definieren lassen. Auf dieser Ebene erscheint uns als durchaus lösbare Aufgabe. Hierzu folgender Vorschlag:

Von einer Trafostation abgehende Kabel oder Freileitungen versorgen eine Anzahl von Hausanschlüssen mit Strom. Der Leistungsfluss ausgewählter Leitungsabgänge in den Trafostationen soll über einen definierten Zeitraum erfasst werden. Sinnvoll wäre es, Stromflüsse inkl. der Stromflussrichtung und Spannungen aufzuzeichnen. Wir bitten die Betreiber von Niederspannungsnetzen also die Energieversorgungsunternehmen und Stadtwerke sowie alle anderen Betreiber um ihre Mitarbeit. Notwendige Voraussetzung für die Messungen ist die Installation entsprechender Geräte an den jeweiligen Leitungsabgängen in den Trafostationen, sofern diese nicht bereits vorhanden sind. Zusätzliche Veränderungen an der bestehenden Infrastruktur sind nicht vonnöten. Die Ergebnisse der Messungen sollen permanent öffentlich zugänglich sein.

5.7 Die gesetzlichen Rahmenbedingungen

5.7.1 Das gebrochene Versprechen von sinkenden Strompreisen

Das Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, dem Energiewirtschaftsgesetz - EnWG, ist der rechtliche Rahmen für die Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland. Im Zuge der Liberalisierung des Energiemarktes wurde das EnWG schrittweise verändert. So wurde, um nur ein Beispiel zu nennen, die "Bundestarifordnung Elektrizität (BTOElt)" im Jahr 2007 abgeschafft. Dort war im §12 Tarifgenehmigung geregelt:

(1) Tarife und ihre einzelnen Bestandteile bedürfen der Genehmigung der Behörde...

In der Folge wurden die Strompreise durch die Energieversorgungsunternehmen zügig „angepasst“. Zur Erinnerung: Das Ziel der Liberalisierung war eine Senkung der Strompreise durch Wettbewerb. Dieser Effekt trat nicht ein. Die Strompreise haben sich zwischen 2000 und 2014 für Haushaltskunden fast verdoppelt [5.6.1].

Die Preissteigerung hält weiterhin an, weil es, bedingt durch die zentrale Struktur der Energieversorgung, keinen funktionierenden Wettbewerb geben kann. 70% der im Jahr 2015 erzeugten Energie wurden aus fossilen Energieträgern gewonnen. Die Betreiber fossiler Großkraftwerke sind E-ON, EnBW, Vattenfall und RWE. Sie bestimmen maßgeblich, schon durch ihren Marktanteil, den Strompreis. Im Prinzip ist die Stromerzeugung unter den gegenwärtigen Bedingungen relativ konstant. So betrug die Bruttostromerzeugung im Jahr 2015 647 TWh. In der Bundesrepublik bestand ein Bedarf an Endenergie von 520 TWh. Der Rest ging in den Export, war Eigenverbrauch der Kraftwerke bzw. Leitungsverlust und Sonstiges (vgl. Kapitel 3.).

5.7.2 Umgang mit der ungeliebten Konkurrenz EE

Je größer der Anteil an erneuerbaren Energien ist, umso kleiner wird der Anteil fossiler Energie. Der Kuchen ist eben nur 100% groß. Erneuerbare Energie ist aber ein grundsätzlich dezentrales Element. Jeder kann Energie erzeugen und in das Netz einspeisen. Mit jeder kWh erneuerbarer Energie geht der Anteil fossil erzeugter Energie zurück und damit der Profit der „großen vier“. Deshalb wird alles getan, um den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung, ganz gleich in welcher Form, zumindest zu bremsen. Das geschieht vor allem über

die Änderung und Anpassung des "Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien" - EEG.

Im Juni 2016, gilt die EEG- Novelle 2014. Dort wurde z.B. die direkte lokale Vermarktung des Stromes abgeschafft. Der Zwang, den erzeugten EE Strom nur über die Börse zu vermarkten, steht im Widerspruch zu den physikalischen Gegebenheiten. Dezentral eingespeister Strom wird über das nächstgelegene Umspannwerk in das Netz eingespeist und findet mit Sicherheit Abnehmer, die in lokaler Nähe zum Erzeuger angesiedelt sind. Die künstliche Zentralisierung der EE und das Beharren auf einer zentralen Netzstruktur verschleiern diese einfache Tatsache. Damit legitimiert man die Einflussnahme, sowohl auf den Ausbau als auch auf den Betrieb der EE Anlagen. So ist es u.a. möglich, Windanlagen „bei Bedarf“ zentral abzuschalten. Auch Solaranlagen werden stufenweise, abhängig von der Anlagengröße, in dieses kontraproduktive, bei näherer Betrachtung dem Merit-Order-Prinzip widersprechende Netzmanagement einbezogen. So regelt man solche Anlagen wahlweise per Fernzugriff auf 70% der installierten Leistung herunter oder begrenzt sie von vornherein auf 70%; nur „bei Bedarf“ natürlich. Wer oder was bestimmt aber diesen Bedarf?

Das künstliche Niederhalten erneuerbarer Energieerzeuger findet immer dann statt, wenn ein Überangebot an Energie vorliegt. Dieses Überangebot wird maßgeblich von den "wirtschaftlichen" Braunkohlenkraftwerken verursacht. Ein komplettes Abschalten einzelner fossiler Kraftwerke wäre schon bei den aktuellen Kapazitäten erneuerbarer Energieerzeuger ohne Weiteres möglich, ist aber politisch nicht gewollt.

Die Maßnahmen zum Eingriff in die EE Erzeugung werden gebetsmühlenartig mit technischen Notwendigkeiten begründet. Es ist jedoch nicht möglich, diese Begründungen nachzuvollziehen da sie auf Daten und Fakten beruhen, die nicht vollständig öffentlich zugänglich sind.

Andererseits ist im §8 EEG Folgendes festgelegt:

„Netzbetreiber sind... verpflichtet, den gesamten angebotenen Strom aus Erneuerbaren Energien und aus Grubengas unverzüglich vorrangig abzunehmen“

Damit wird der Einspeisevorrang für EE gesetzlich definiert [5.7.2.1]¹, der dann in §11 gleich wieder abgeschwächt wird:

Die Netzbetreiber sind verpflichtet und berechtigt, die Einspeiseleistung (ab)zuregeln, um Netzüberlastungen zu vermeiden, also das Netz schützen [5.7.2.2]².

Bis 2014 war der Einspeisevorrang immerhin gleichzeitig ein Verbrauchsvorrang. Das heißt, wenn z.B. 20% EE in das Netz eingespeist werden, dann müssen auch 20% EE durch die Energieversorgungsunternehmen abgenommen werden. Mit der Novelle des EEG 2014 wurde eine Rechtsverordnung, die sogenannte Ausgleichsmechanismenverordnung – AusglMechV erlassen. Diese Verordnung hebt den Verbrauchsvorrang auf [5.7.2.3]³ [5.7.2.4]⁴.

Energieversorgungsunternehmen können ihren Bedarf jetzt aus beliebigen Quellen beliebiger Herkunft decken. Es ist also möglich, über den Terminmarkt Verträge mit Kohlekraftwerken abzuschließen, um so vermeintlich billig erzeugten Strom in das eigene Netz einzuspeisen. Wem das nutzt und wem nicht, muss nicht näher erläutert werden.

An diesem und vielen anderen Beispielen erkennen wir, wie die Energiewende per Dekret Schritt für Schritt rückabgewickelt wird.

Jean-Claude Juncker, der auch in der Gegenwart durch manches sehr offenherzige Statement immer wieder mal in Erscheinung tritt, sagte im SPIEGEL 52/1999 vom 27. Dezember 1999, S. 136 Folgendes:

»Wir beschließen etwas, stellen das dann in den Raum und warten einige Zeit ab, was passiert. Wenn es dann kein großes Geschrei gibt und keine Aufstände, weil die meisten gar

1 [5.7.2.1] <https://dejure.org/gesetze/EEG/8.html>

2 [5.7.2.2] <https://dejure.org/gesetze/EEG/11.html>

3 [5.7.2.3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Ausgleichsmechanismenverordnung>

4 [5.7.2.4] <http://www.jarass.com/Energie/B/EEG-Reform.%20neue%20energie%202-2014.pdf>

nicht begreifen, was da beschlossen wurde, dann machen wir weiter – Schritt für Schritt, bis es kein Zurück mehr gibt.»

Danke an Herrn Juncker für seine aufschlussreiche Erläuterung, wie manche Gesetze entstehen. Nach diesem Verfahren erfolgt ganz offenbar auch der Umbau der Energieversorgung in Deutschland und europaweit. Mit Umbau meint man dabei keinesfalls eine Umstellung auf EE, sondern höchstens eine Ergänzung der Energieversorgung durch erneuerbare Quellen. Der Gedanke der vollständigen Umstellung auf EE wird nicht weiter verfolgt.

Junckers Zitat bietet noch einen anderen Aspekt: Das „...die meisten gar nicht begreifen...“ hat natürlich einen Grund. Die Energieversorgung ist ein technisch sehr komplexes und für den Laien nur schwer durchschaubares System. Deshalb vertrauen „die meisten“ auf das, was ihre gewählten Politiker beschließen. Zu „den meisten“ gibt es die komplementäre Restmenge der wenigen, nicht ganz so Blindgläubigen. Aber selbst wenn Fachleute oder technisch interessierte Menschen, die dieser Minderheit angehören, bestimmte Dinge hinterfragen, stoßen sie sehr schnell an die Grenzen der Weitergabe bestehender Fakten. Schon um die richtigen Fragen zu stellen, braucht man die richtigen Informationen. Informationen an sich gibt es in der Tat reichlich. Gutachten und Studien mit hunderten Seiten Umfang wurden erstellt. Informationsveranstaltungen der Bundesnetzagentur, der Übertragungsnetzbetreiber und verschiedener Organisationen finden regelmäßig statt. Das Internet ist voll von Abhandlungen jeglicher Couleur zum Thema Energiepolitik. Aber an keiner Stelle wird der Forderung entsprochen:

***Beweisen Sie die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit
der vorgestellten und beschlossenen Maßnahmen!***

5.7.3 Netzentwicklungsplan

Eine dieser Maßnahmen ist der Netzentwicklungsplan. Hier werden konkrete Baumaßnahmen, Neubau von Freileitungen, Kabeltrassen Umspannwerken usw. vorgestellt [5.7.3.1]¹.

Eine nachvollziehbare technische Begründung wird jedoch nicht gegeben. Der Vorwand für diese Nicht-Begründung sind angebliche Geschäftsgeheimnisse, von wem auch immer. Mit der Offenlegung der Bedingungen für die Durchführung der Maßnahme hält man sich ebenso vornehm zurück.

Eine Teilnehmerin auf einer Informationsveranstaltung der BNetzA formulierte es einmal so: *„Ich muss Ihnen das jetzt glauben, aber so gläubig bin ich eigentlich nicht.“*

Um die behauptete Notwendigkeit irgendeines Leitungsbauprojektes unabhängig überprüfen zu können, werden technische Netzdaten benötigt. Diese Daten werden jedoch lt. §12f EnWG als vertraulich eingestuft und nur an ausgewählte Personen herausgegeben. Diese Daten enthalten aber die Kerninformationen, u.a. welche Leistungen durch die einzelnen Kraftwerke eingespeist werden, von denen alle weiteren Aussagen abhängen.

Um es kurz zu sagen: Solange uns die 12f Daten nicht zugänglich sind, müssen wir alles andere einfach glauben. Das ist keine Grundlage für die, auch von unseren Politikern so gern beschworene Mitsprache des Bürgers auf Augenhöhe.

Aber es geht noch weiter. Die Daten, die unter Auflagen durch die BNetzA zur Verfügung gestellt werden, haben sich in weiten Teilen als völlig unbrauchbar erwiesen. Sie wurden stark bearbeitet und vereinfacht. Auch hier lautet die Begründung: Diese Daten wurden von Geschäftsgeheimnissen befreit.

Damit ist der Techniker nun von der untersten Stufe des Nicht-Wissens immerhin auf die nächste Stufe des Nicht-Wissens aufgestiegen. Ihm stehen jetzt Daten zur Verfügung, mit denen er wenig bis gar nichts anfangen kann.

1 [5.7.3.1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Netzentwicklungsplan>

Wir hoffen, die Unsinnigkeit des Verfahrens der Informationsweitergabe ist den Machern des EnWG nicht klar. Wäre es anders, müssten wir bewusste Täuschung/Vertuschung von Fakten unterstellen. Was soll der Unfug, Daten, die bereits von Geschäftsgeheimnissen befreit sind, nochmals den Beschränkungen des Gesetzes zu unterwerfen?

5.7.4 Wer macht eigentlich die Gesetze?

In jedem Gemeinwesen gilt der Grundsatz: Wer persönlich betroffen ist, darf nicht entscheiden. Hinsichtlich der Energiepolitik scheint dieser Grundsatz außer Kraft gesetzt. Die großen Energiekonzerne sind unzweifelhaft betroffen aber sie sollen die Energiewende, die Umstellung auf EE vorbereiten und maßgeblich umsetzen. Auch die Planer der Konzerne wissen, dass die vollständige Umstellung auf EE letztlich mit der Stilllegung ihrer fossilen Großkraftwerke endet. Mithin hält sich ihr Interesse am Ausbau der EE in Grenzen.

Die Vertreter der Interessenverbände der Energieindustrie üben ihren Einfluss, sowohl auf die europäische als auch auf die nationale Politik mit dem Ziel aus, ihre marktbeherrschende Stellung zu erhalten und auszubauen. Wie wir nicht nur im Feld der Energiepolitik ständig beobachten können, entfaltet dieser massiv Wirkung. Wenige profitieren von diesen undemokratischen Handlungsweisen während wir Bürger die Zeche zahlen.

Wir empfehlen an dieser Stelle nochmals, das [Juncker-Zitat](#) aus 5.7.2 .

5.7.5 Wie wir bestehende Gesetze nutzen können

Wir fordern einen fairen Interessenausgleich, in dem auch die Bedürfnisse der Bürger ausreichend Berücksichtigung finden.

Aus der aktuellen Gesetzgebung lassen sich hierzu bereits einige Möglichkeiten ableiten.

Die Anlagenregisterverordnung regelt die Registrierung von EE Anlagen [5.7.5.1]¹.

§3 Anlagenregisterverordnung

(1) Anlagenbetreiber müssen Anlagen, die nach dem 31. Juli 2014 in Betrieb genommen werden, nach Maßgabe der Absätze 2 und 3 registrieren lassen.

Der Satz (1) ist nicht anzuwenden, wenn die Anlage nicht an ein Netz angeschlossen ist und der in der Anlage erzeugte Strom auch nicht mittels kaufmännisch-bilanzieller Weitergabe in ein Netz angeboten wird oder werden kann.

Das EEG- 2014 regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen in das (öffentliche) Stromnetz.

Im EEG § 61 steht dazu Folgendes:

§ 61 EEG-Umlage für Letztverbraucher und Eigenversorger

(1) Die Übertragungsnetzbetreiber können von Letztverbrauchern für die Eigenversorgung folgende Anteile der EEG-Umlage nach §60 Absatz 1 verlangen: [5.7.5.2]²

(2) Der Anspruch nach Absatz 1 entfällt bei Eigenversorgungen,

1....

2. wenn der Eigenversorger weder unmittelbar noch mittelbar an ein Netz angeschlossen ist,

3. wenn sich der Eigenversorger selbst vollständig mit Strom aus erneuerbaren Energien versorgt und für den Strom aus seiner Anlage, den er nicht selbst verbraucht, keine finanzielle

1 [5.7.5.1] <https://www.gesetze-im-internet.de/anregv/BJNR132000014.html>

2 [5.7.5.2] https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_61.html

Förderung nach Teil 3 in Anspruch nimmt, oder...

Das bedeutet klar, dass Inselanlagen, also Anlagen nach [5.7.2] (2) 2. vom EEG oder auch vom EnWG nicht erfasst werden. Ein Kabel, welches die eine Inselanlage mit einer oder mehreren benachbarten Inselanlagen verbindet, ist ebenfalls möglich, wenn es sich dabei um ein privates Netz handelt. Auch ein Wohnblock (ein Quartier) enthält ein mitunter recht umfangreiches (privates) Netz zur Verteilung von Elektroenergie. Damit ist es möglich, ein zellulares Netz zu bilden, ohne dass dies einer Genehmigung bedarf.

Wie bereits unter 5.4 hergeleitet, ist eine sich selbst versorgende Zelle aber kein Kunde eines Energieversorgers. Im Falle der Inselbildung werden nach derzeitiger Rechtslage nicht einmal Steuern und Abgaben fällig. Selbst erzeugter Strom ist in dieser Hinsicht vergleichbar mit dem aus dem eigenen Garten geernteten Obst und Gemüse. Ob die Bildung und der Betrieb einer Zelle wirtschaftlich ist, muss dennoch in jedem Einzelfall geprüft werden.

Das Hauptproblem einer EE-Zelle ist, dass bei Ausfall der beiden Hauptquellen (Stichwort Dunkelflaute) keine Verbindung zum öffentlichen Netz und damit keine Versorgung bestehen würde. Die Lösung besteht in der Aufteilung des (privaten) Netzes in mehrere Teilnetze. Ein Teilnetz ist mit dem öffentlichen Netz auf herkömmliche Weise verbunden. Ein weiteres Teilnetz ist „weder unmittelbar noch mittelbar an ein (öffentliches) Netz angeschlossen“. Dieses zweite Teilnetz ist dann ein Inselnetz, dient der Verteilung von EE an alle Netzteilnehmer und ist dem Gesetzestext nach nicht vom EEG betroffen. Die technische Ausführung solcher elektrischer Anlagen ist problemlos möglich und kann sehr flexibel gestaltet werden.

Wenn sich viele dieser Zellen bilden, so hat das erhebliche Auswirkungen auf den Markt. Die Monopolstellung der großen Energieerzeuger wird aufgebrochen. Es entsteht ein wirklicher Wettbewerb, der zu sinkenden Strompreisen führen wird.

Um es nochmals in aller Deutlichkeit zu sagen. Wir können und müssen unsere eigene Energiewende selbst organisieren.

Prüfen wir zuerst die jeweilige lokale Energiesituation. Welche Verbraucher sind unmittelbar, über das gleiche Kabel oder die gleiche Freileitung miteinander verbunden? Wer ist „nur“ Verbraucher, wer erzeugt Energie? Solche Verbindungen sind Zellen in unserem Sinne. Reden wir miteinander und bilden eine eigene Verbrauchergemeinschaft. Treten wir dann unserem Stromanbieter nicht als Einzelverbraucher sondern als eben diese Verbrauchergemeinschaft gegenüber. Wir haben alle Zähler für Stromverbrauch und Stromlieferung. Wenn wir diese Daten selbst erfassen, werden wir feststellen, dass wir über lange Zeiträume gar keinen Strom von unserem Stromanbieter beziehen und trotzdem für Leistungen bezahlen müssen, die wir nicht in Anspruch genommen haben. Wir werden, milde ausgedrückt, übervorteilt. Lassen wir uns das nicht länger gefallen und drehen den Spieß einfach um.

Im Kapitel Netzkosten haben wir die vermiedenen Netzkosten bereits erwähnt. In [5.7.3]¹ sind Verbraucher, die keine Einspeiser sind, nicht erwähnt. Wenn sich Ihre Zelle, also das Kabel über das sie Ihren Strom beziehen, selbst versorgt, dann steht das Entgelt für vermiedene Netzkosten auch Ihnen zu. Dieses vermiedene Entgelt streicht bislang Ihr Versorger ein. Das können bis zu 20% Ihrer Stromkosten sein. Wenn jetzt eine Messeinrichtung, also ein Zähler, für das auch Sie versorgende Kabel eingebaut wird, kann das genau nachgewiesen werden. Das ist sehr einfach zu realisieren. Dazu ist lediglich die Errichtung einer sogenannten Anschlusssäule mit eingebautem Zähler notwendig. Das ist „gut abgehangene“ Technik.

Am Ende steht eine Direktvermarktung von Strom, d.h. EEG Umlage und Netznutzungsentgelt werden nur für den tatsächlich bezogenen Strom fällig.

Machen wir also unserer eigene Energiewende „von unten“. Es lohnt sich für uns alle. Vielleicht passt hier, in Umkehrung der Wirkungsrichtung, das geflügelte Wort des letzten Königs von Sachsen, Friedrich August III. bei seiner Abdankung 1918: [5.7.4]²

1 [5.7.3] http://www.gesetze-im-internet.de/stromnev/_18.html

2 [5.7.4] https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_gefl%C3%BCgelter_Worte/M#Nu_da_machd_doch_eiern_Dr.C3.A4gg_alleene.21

„Nu da machd doch eiern Drägg alleene!“

Wenn's weiterhilft – warum eigentlich nicht?

5.8 Die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

5.8.1 Interessenlagen der Marktteilnehmer

Wir müssen uns über eines jederzeit klar sein: Wir leben in einem kapitalistischen, marktwirtschaftlich orientierten System. In Deutschland nennt man dieses System soziale Marktwirtschaft; ein Modell, das von den meisten Bürgern akzeptiert wird.

Wie demokratisch ein Markt sein kann...

...dazu Frau Merkel in einem Deutschlandfunk-Interview im Jahre 2011:

„Wir leben ja in einer Demokratie und das ist eine parlamentarische Demokratie und deshalb ist das Budgetrecht ein Kernrecht des Parlaments und insofern werden wir Wege finden, wie die parlamentarische Mitbestimmung so gestaltet wird, dass sie trotzdem auch marktkonform ist.“

Gut, diese Worte mal aus berufenem Munde zu hören. Dann wird einem auch gleich klarer, warum beim Begriff „soziale Marktwirtschaft“ die Betonung immer mehr von „sozial“ nach „Markt“ wandert.

Mit der konsequenten 100%igen Umstellung auf EE, nicht nur in Deutschland sondern weltweit, würde der Handel mit fossilen Brennstoffen zusammenbrechen. Wer diesen Handel ernsthaft antasten oder gar komplett unterbinden will, hat keine Freunde mehr, nirgendwo auf der Welt. Auch aus diesem Grund ist es eher zweifelhaft, ob unsere derzeit handelnden Politiker eine 100% Energiewende hin zu EE tatsächlich wollen oder die vor einigen Jahren von ihnen getroffenen Aussagen Heuchelei waren.

Wer heute über fossile Ressourcen verfügt, übt extreme Macht aus und hat im Zweifelsfall die Welt in der Hand. Mit fossilen Energieträgern werden immer noch unvorstellbare Gewinne erzielt. Das ist deshalb so, weil diese Rohstoffe scheinbar nichts kosten. Mutter Natur hat uns aber nur einen begrenzten Vorrat davon mit auf unseren Weg gegeben. Damit verpesten wir immer noch hemmungslos die Luft und zerstören unsere Umwelt. Wir handeln so, als würde es kein Morgen geben. Wie lange können wir noch so weiter machen? Sind uns unsere Kinder und Kindeskinde wirklich so egal?

Erneuerbare Energie, vor allem in Form von Sonne und Wind, steht dagegen praktisch unbegrenzt zur Verfügung und ihre Umwandlung in für den Menschen nutzbare Energieformen wie Elektrizität oder Wasserstoff hinterlässt keine nachhaltigen Schäden in der Natur. Aber sie zerstört gewohnte Wirtschaftskreisläufe und gefährdet eben auch die Machtpositionen derer, die über die fossilen Energiereserven unseres Planeten bestimmen.

Wie in 5.1 bereits erwähnt, importiert alleine Deutschland fossile Brennstoffe im Wert von ca. 90 Mrd. € jährlich. Dieses Geld landet auf den Konten der Exporteure, hinter denen sich häufig multinational organisierte Großkonzerne verbergen. Deren Interessen können nicht einfach ignoriert werden. Man muss sie kennen, um Gegenentwürfe zu finden.

Diese können nur darin bestehen, das Gemeinwesen durch politische Einflussnahme zu stärken. Nachdem die marktradikalen Prediger aus Wirtschaftswissenschaften und Politik in den letzten 30 Jahren eine unselige „Liberalisierung“ der gesamten Wirtschaft und des Finanzwesens im Sinne ihrer wenigen Auftraggeber und damit gegen die Mehrheit der Bevölkerung betrieben haben, ist es nunmehr wieder dringend geboten, zu einer tatsächlich freien und

sozialen Marktwirtschaft zurück zu kehren.

Der „einfache Bürger“ ist schließlich ebenfalls ein mit eigenen Interessen behafteter Marktteilnehmer. Als Verbraucher ist er sogar das wichtigste Element des Marktes – ohne ihn gäbe es den Markt nämlich gar nicht. Diese einfache Tatsache sollten sich die Damen und Herren in manchen Chefetagen bisweilen vergegenwärtigen, um wieder auf den Boden der Realität zurück zu kommen. Gewinnmaximierung um jeden Preis, insbesondere unter Missachtung der Interessen des Bürgers, die garantiert nicht darin bestehen, immer mehr Umweltschäden hinzunehmen und dafür auch noch immer mehr zu bezahlen, ist auf die Dauer realitätsfremd.

5.8.2 Öffentliche Daseinsvorsorge

Unser Orangebuch begann mit einer Definition der öffentlichen Daseinsvorsorge. Wir wollen diese Definition als Abschluss verwenden und zwar in einem sehr drastischen Sinn. Die Vorlage lieferte die Politik am 24.08.2016. An diesem Tage beschloss das Bundeskabinett ein neues Konzept für den Zivilschutz. Der Präsident des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz, Christoph Unger, wird in vielen Medien zitiert:

„Der langanhaltende, flächendeckende Stromausfall ist für uns die zentrale Herausforderung, der wir uns gegenübersehen.“ Unger sagte, es sei eine steigende Anzahl von Störungen im Stromnetz feststellbar. Sein Amt arbeite seit drei Jahren an einem Gesamtkonzept zur Notstromversorgung.[5.8.2.1]¹

Was für eine Bankrotterklärung. Wir wissen alle, dass eine funktionierende Infrastruktur die Voraussetzung für unser gesellschaftliches Leben überhaupt ist. Die Stromversorgung wiederum ist Voraussetzung für die Funktion jeglicher Infrastruktur wie Verkehr, Kommunikation, Wasser Ver- und Entsorgung und vieles andere mehr.

Der Innenminister rät zur Vorsorge durch Bevorratung mit Lebensmitteln und Wasser. Das heißt, Vorsorge für den Fall, dass die Stromversorgung bereits zusammengebrochen ist? Jeder soll pro Tag 2 Liter Wasser haben. Aber wenn die Abwasserentsorgung nicht mehr funktioniert, dann steht die Brühe schon nach kurzer Zeit bis zur Oberkante Toilettenbecken. Wozu also die 2 Liter Wasser? Das ist kein Konzept, keine öffentliche Daseinsvorsorge, sondern purer Dilettantismus.

Die Regierung trifft keine Vorsorge, dass dieses Ereignis gar nicht erst eintreten kann. Aber immerhin arbeitet sie lt. Herrn Unger schon seit 3 Jahren an einem Konzept.

Wir fordern in unserem Orangebuch genau aus diesem Grund die Dezentralisierung der Energieversorgung. Ein Stromversorgungssystem, welches im Störfall in viele kleine funktionsfähige Zellen zerfällt, ist nicht flächendeckend angreifbar. Ein dezentrales Konzept wird aber mit der Begründung, das sei zu teuer gar nicht erst in Erwägung gezogen.

Wir können nicht in die Zukunft sehen. Aber wenn Ihnen dieses Buch in einem Jahr, in 10 Jahren oder wann auch immer zufällig in die Hände fällt, dann können Sie in die Vergangenheit sehen. Was ist aus dann unserer Gesellschaft, aus dem Prinzip der öffentlichen Daseinsvorsorge geworden?

¹[5.8.2.1] <https://www.tagesschau.de/inland/zivilschutz-kabinett-101.html>

5.8.3 Zusammenfassung

Wir wollen jetzt noch einmal zusammenfassen, um was es eigentlich geht und was unser Ziel ist. Der aktuelle und politisch beschlossene Szenariorahmen basiert auf der Annahme oder der Voraussetzung einer zentral organisierten Energieversorgung. Es wird also eine bestimmte Marktstruktur vorausgesetzt. Alle weiteren Maßnahmen wie z.B. der Netzausbau passen genau zu dieser Marktstruktur. Diese Methode ist aus volkswirtschaftlicher Sicht falsch. Bei der notwendigen Umstellung unserer Energieversorgung haben volkswirtschaftliche Prämissen absoluten Vorrang. Es sind ausnahmslos alle Bürger betroffen. Niemand hat die Wahl, das Produkt Energie zu nutzen oder die Nutzung abzulehnen. Deshalb darf sich auch niemand durch die Ausübung von Marktmacht ungerechtfertigte Vorteile auf Kosten der Allgemeinheit verschaffen. Der Umbau und die damit verbundene Umstellung auf eine 100%ige Umstellung auf EE ist zwingend. Jegliche Verzögerung mindert die Chancen einer „sanften“ Umstellung. Wir verspielen das Leben und Überleben sehr vieler Menschen.

- | | |
|-------|---|
| TO DO | Unabhängige Überprüfung der Szenariorahmen |
| | Berücksichtigung unterschiedlicher Marktstrukturen |
| | Planung von der Verbraucherseite |
| TO DO | Überarbeitung der Szenariorahmen unter folgenden Voraussetzungen |
| | Beendigung jeglicher fossiler Energieerzeugung |
| TO DO | Herstellung einer Umfassenden Transparenz im Zusammenhang mit EE |
| | sofortiger Zugang zu allen Informationen gem. Informationsfreiheitsgesetz – IFG |

Das Gesetz gewährt jeder Person einen voraussetzungslosen Rechtsanspruch auf Zugang zu amtlichen Informationen von Bundesbehörden. Eine Begründung durch Interesse rechtlicher, wirtschaftlicher oder sonstiger Art ist nicht erforderlich. Die Umstellung auf EE ist von höchsten öffentlichen Belang. Die in diesem Zusammenhang stehenden behördlichen Entscheidungsprozesse folgen den objektiven wissenschaftlichen Erkenntnissen und erfordern absolute Transparenz.

5.8.4 Forderungen der Piraten

1. Ein Moratorium für die Planung und den Netzausbau in Deutschland
2. Einen Vorrang für die lokale Vermarktung von EE
3. Abschaffung der EEG-Umlage in der jetzigen Form
4. Sofortige Abschaffung der Ausgleichsmechanismenverordnung – AusglMechV
5. Neufassung des §12f EnWG, d.h....
...jedermann erhält ohne Angabe von Gründen Zugang zu den technischen Daten des Energieversorgungsnetzes der Bundesrepublik Deutschland.
6. Veröffentlichung der aktuellen Leistungsflüsse (Blind- und Wirkleistung)
7. Erstellung und Umsetzung eines Konzeptes einer dezentralen Netzstruktur für Deutschland.
8. Einführung einer Netzmaut für überregionalen Stromhandel

Durchführung eines öffentlichen nationalen Energiedialogs

Literaturverzeichnis Kapitel 5

[5.1.0]	http://www.energycomment.de/studie-fossile-energieimporte-und-hohe-heizkosten-teil-2/
[5.2.1]	http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_entwurf_bf.pdf
[5.2.2]	https://www.tagesschau.de/inland/klimaschutzplan-einigung-103.html
[5.2.3]	http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=62902 http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=62902
[5.3.0]	http://www.energycomment.de/studie-fossile-energieimporte-und-hohe-heizkosten-teil-2/
[5.3.1]	http://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Downloads/IEK/IEK-STE/DE/Publikationen/preprints/2015/preprint_26_2015.pdf?__blob=publicationFile
[5.3.2]	http://www.photovoltaik.eu/Archiv/Meldungsarchiv/Braunkohle-liefert-Konzernen-Milliardengewinne.QUIEPTU4NjU0OCZNSUQ9MTEwOTQ5JIBBR0U9MQ.html
[5.3.3]	https://de.wikipedia.org/wiki/Stromgestehungskosten
[5.3.4]	http://www.greenpeaceenergy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/Greenpeace_Energy_Was_Strom_wirklich_kostet_Langfassung2015.pdf
[5.3.5]	http://www.bildschirmarbeiter.com/video/atomkraftwerke_sind_sicher/
	Irsching
[5.3.1.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk
[5.3.1.2]	http://www.mittelbayerische.de/region/kelheim-nachrichten/kraftwerk-irsching-5-bleibt-am-netz-21029-art908383.html
[5.3.1.3]	http://www.eon.com/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen/2015/3/30/no-economic-prospects-owners-of-the-irsching-4-and-5-gas-fired-power-stations-announce-their-closure.html
[5.3.1.4]	http://www.nordbayern.de/politik/seehofer-sieht-noch-perspektive-fur-irsching-1.4299703
[5.3.2.1]	http://bdi.eu/artikel/news/energie-wende-kostet-stromkunden-28-milliarden-euro-pro-jahr/
[5.3.2.2]	http://www.netzausbau.de/SharedDocs/FAQs/DE/Allgemeines/05_Kosten.html
[5.3.2.3]	http://versicherungswirtschaft-heute.de/maerkte/neun-prozent-rendite-fur-netzausbau/
[5.4.1]	https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/38-15
[5.4.2]	http://www.derenergieblog.de/alle-themen/energie/netzstabilitat-und-die-rolle-der-verteilnetzbetreiber-bei-der-energie-wende/
[5.4.3]	https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netz_zugangUndMesswesen/SmartGridEckpunktepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile
[5.4.4]	https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html?cms_map=1
[5.4.4]	http://www.pfaffenhofen.de/
[5.4.5]	https://www.stadtwerke-pfaffenhofen.de/
[5.4.6]	http://www.pfaffenhofen.de/windenergie/
[5.4.7]	http://www.pfaffenhofen.de/media/PAF_klimaschutz_2016_projektplakate_web_homepage.pdf
[5.4.2.1]	© Vieweg + Teubner Verlag Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2010 Dissertation der Technischen Universität Dortmund, 2009, u.d.T. „Sebastian Lehnhoff: Dezentrale vernetzte Energiebewirtschaftung auf Basis eines verteilten adaptiven Realzeit-Multiagentensystems (DEZENT)“ ISBN 978-3-8348-1270-4 Sebastian Lehnhoff Dezentrales vernetztes Energiemanagement

[5.4.2.2]	https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/___60.html
[5.4.2.3]	https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/___61.html
[5.4.2.4]	https://de.wikipedia.org/wiki/Merit-Order
[5.4.2.5]	https://www.efzn.de/uploads/media/02_Thomas_Murche.pdf
[5.4.2.6]	http://www.stromtip.de/rubrik2/9103/4/Kosten-waelzen.html
[5.4.2.7]	http://www.gesetze-im-internet.de/stromnev/___18.html
[5.4.2.8]	https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/Vertragsarten/vertragsarten-node.html
[5.4.3.1]	http://future.arte.tv/de/netwars-out-ctrl?language=de
[5.5.1]	http://www.zdf.de/zdfzoom/zdfzoom-sonne-wind-und-wut-43199288.html
	Die Aarhus Konvention
[5.6.1.1]	http://www.unece.org/env/pp/treatytext.html
[5.6.1.2]	https://de.wikipedia.org/wiki/Wirtschaftskommission_für_Europa
[5.6.1.3]	http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl115s2069.pdf#_bgbl___%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl115s2069.pdf%27%5D___1476022362761
[5.6.1.4]	http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl106s2819.pdf#_bgbl___%2F%2F%5B%40attr_id%3D
[5.6.1.5]	http://dipbt.bundestag.de/dip21/brd/2016/0422-16.pdf
[5.6.3.1]	https://www.bmw.de/DE/Themen/Energie/Strommarkt-der-Zukunft/strommarkt-2-0.html
[5.7.1.1]	https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/10/PD14_354_61241pdf.pdf;jsessionid=07EF7ABC42F1C838525C77F9DDD44482.cae3?__blob=publicationFile
[5.7.2.1]	https://dejure.org/gesetze/EEG/8.html
[5.7.2.2]	https://dejure.org/gesetze/EEG/11.html
[5.7.2.3]	https://de.wikipedia.org/wiki/Ausgleichsmechanismusverordnung
[5.7.2.4]	http://www.jarass.com/Energie/B/EEG-Reform.%20neue%20energie%202-2014.pdf
[5.7.3.1]	https://de.wikipedia.org/wiki/Netzentwicklungsplan
[5.7.5.1]	https://www.gesetze-im-internet.de/anregv/BJNR132000014.html
[5.7.5.2]	https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/___61.html
[5.7.3]	http://www.gesetze-im-internet.de/stromnev/___18.html
[5.7.4]	https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_geflügelter_Worte/M#Nu_da_machd_doch_eiern_Drögg_alle_ene.21
[5.8.2.1]	https://www.tagesschau.de/inland/zivilschutz-kabinett-101.html