

- Digitalisierung und kritische Infrastruktur - Smart Grid

Maarten Behn, Liam Cowley

August 2023

Inhaltsverzeichnis

1 Abstract	3
2 Einleitung	3
3 Wie war das Stromnetz früher	3
3.1 Grundaufbau des Stromnetzes vor 2010	3
3.2 Vorteile des Stromnetzes vor 2010	4
4 Stromsverbrauchskurve	4
4.1 Die Grundlast	4
4.2 Die Mittellast	5
4.3 Die Spitzenlast	5
5 Netzstabilität	6
5.1 Gewährleistung bei Stromüberschuss	6
5.2 Gewährleistung bei Strommangel	6
6 Erneuerbare Energien	7
6.1 Windkraft	8
6.2 Photovoltaik	8
6.3 Wasserkarft	8
6.4 Biomasse	9
6.5 Probleme	9
7 Idee einer persönlichen Solaranlage	9
8 Stromspeicher	10
8.1 Verbraucher als Energiepuffer	11
9 Smart Grid und Smart Meter	11
9.1 Das Smart Grid	11
9.2 Das Smart Meter	12
9.2.1 Vorteile von Smart Metern	12
9.2.2 Nachteile von Smart Metern	12
10 Informatik Probleme mit der Energiewende	12
11 Verschiedene Sichten auf die Thematik	13
11.1 Korrelation zwischen Einkommen und Einstellung zum Klimaschutz	13
11.2 Meinung der Haushalte	13
11.3 Meinung des deutschen Staats	14
11.4 Meinung der Energiekonzerne	15
12 Zusammenfassung	16

1 Abstract

Im folgenden kurzen Essay wird das Smart Grid als Lösung zur Integration von volatilen erneuerbaren Energien in das bestehende Stromnetz betrachtet. Zuerst wird eine Faktenlage geschaffen, von der aus Vor- und Nachteile aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden können.

2 Einleitung

2010 traf ein Tsunami auf das Atomkraftwerk in Fukushima und verursachte in dem Reaktor eine Kernschmelze und löste prompt eine Debatte über die Sicherheit von Atomkraft aus. Auch in Deutschland wurde dieses Thema heiß diskutiert, vor allem, da Deutschland eines der wenigen, wenn nicht sogar das einzige „Atomkraft? Nein danke“-Land in der EU ist. In den 80er Jahren hatte Deutschland schon einmal mit einer Kernschmelze und der daraus resultierenden Panik um radioaktive Substanzen zu tun, als der Reaktor bei Tschernobyl schmolz. Seit der Katastrophe bei Tschernobyl wandte sich Deutschland teils ab von Atomkraft und fossilen Energieträgern und investierte in erneuerbare Energien. Problematisch jedoch war die Implementation dieser unzuverlässigen Energien und Lösungen mussten erdacht werden. Mit dem Anstieg an Informatik-System und der Digitalisierung war eine mögliche Lösung erdacht worden: das Smart Grid. In diesem kurzen Essay werden sowohl das alte Stromnetz, erneuerbare Energien und das Smart Grid erklärt. Darauf folgend werden die Vor- und Nachteile des Smart Grids aus den Sichten von individuellen Haushalten, dem Staat und den Energiekonzernen betrachtet.

3 Wie war das Stromnetz früher

3.1 Grundaufbau des Stromnetzes vor 2010

Das Stromnetz Deutschlands bestand vor 2010 noch aus großen Kraftwerken weniger großer Energiekonzerne, welche das Zentrum des gesamten Stromnetzes bildeten [siehe Aichele, 2014, Seite 4]. In konzentrischen Kreisen um diese Kraftwerke, welche hauptsächlich fossile Brennstoffe und Atomkraft nutzten, wurden die Verbraucher angesetzt. Dabei waren nahe dem Zentrum hauptsächlich Fabriken und außen Haushalte [s. Abb. 1]. Zwischen jeder diesen Übergangen zwischen zwei Bereichen sind Umspannwerke, um die Spannung und Stromstärke auf die gewünschten Werte zu bringen. Grundlegend ist das Stromnetz so konzipiert, dass es nur eine Energierichtung gibt: die vom Stromproduzenten zum Verbraucher über verschiedene Stromleitungen und Umspannwerke [s. Dieter, 2011, S. 104].

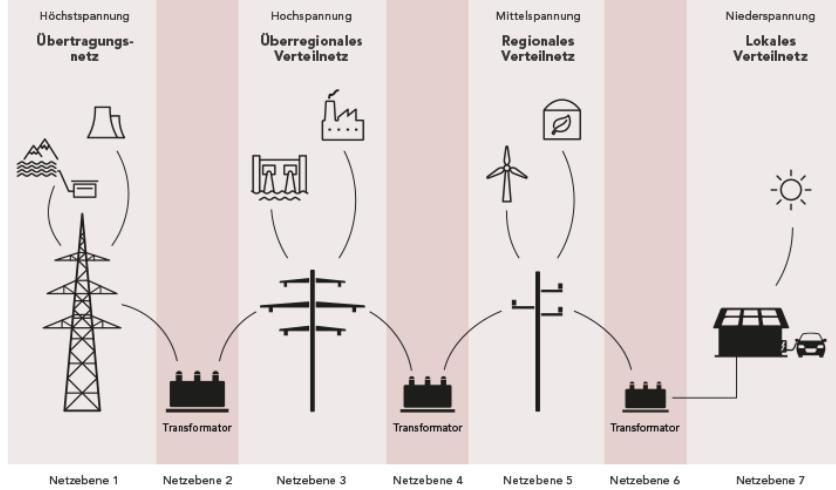


Abbildung 1: Die grundlegende Funktion des Stromnetzes vor der Energiewende [s. axpo.com, 2023].

3.2 Vorteile des Stromnetzes vor 2010

Dieser Aufbau des Stromnetzes hatte den Vorteil, dass er recht stabil ist, da die Schwachstellen nur einzelne Umspann- oder die Kraftwerke selbst sind. Zudem ist die Komplexität des Netzes dadurch relativ gering, da nur die eine festgelegte Energierichtung existierte [s. Dieter, 2011, S. 104]. Die Nachteile sind jedoch, dass es nur wenige Energiekonzerne mit dem Monopol gab, da Strom noch sehr staatlich zentral war [s. Aichele, 2014, S. 4]. Dieser zentralisierte Aufbau konnte jedoch nur dadurch effektiv die Versorgungssicherheit abdecken, da fossile Energieträger und Atomkraft konstant Strom liefern können. Im Vergleich dazu sind erneuerbare Energien weniger zuverlässig, da sie von Naturereignissen abhängen, die deterministisch nicht komplett bestimmbar sind [s. Dieter, 2011, S. 106].

4 Stromsverbrauchskurve

Die Stromnutzung in Deutschland (häufig auch weltweit), folgt über die 24 Stunden eines durchschnittlichen Arbeitstages ungefähr einer Kurve, welche in drei Bereiche aufgeteilt werden kann [s. Abb. 2].

4.1 Die Grundlast

Die Grundlast entspricht einem konstanten Stromverbrauch durch z.B. Fabriken o.Ä., welche die ganzen 24 Stunden des Tages laufen. Diese Grundlast ist zudem

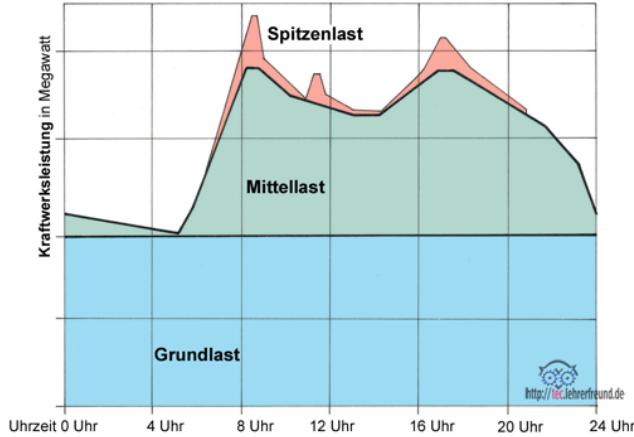


Abbildung 2: Die Stromverbrauchskurve über die 24 Stunden eines durchschnittlichen Tages verteilt [lehrerfreund.de, 2023].

der Bereich, welcher am meisten Strom benötigt, wie in Grafik 2 erkennbar. Zudem ist die Grundlast der Stromverbrauch, der am einfachsten verkleinert werden kann, um einen Strommangel zu regulieren. Beispielsweise könnten Fabriken ihre Produktion einstellen, um die Stabilität des Stromnetzes zu gewährleisten.

4.2 Die Mittellast

Die Mittellast kann darauf zurückgeführt werden, dass der Großteil der Bevölkerung morgens aufsteht, zur Arbeit geht und abends schlafen geht. In den Nachtstunden fällt die Mittellast auf praktisch 0, da der Großteil der Bevölkerung schläft und somit keinen Strom verbraucht. Im Grunde stellt die Mittellast den Stromverbrauch dar, welcher sich über die Tagesstunden eines Arbeitstages anhäuft [s. Abb. 3]. Dazu zählt auch uhrzeitenabhängige Infrastruktur wie z.B. Nah- und Fernverkehr, Ampeln und Telekommunikation, usw..

4.3 Die Spitzenlast

Die Spitzenlast, lässt ungefähr auf drei Zeiten eingrenzen. Diese wären morgens, mittags und abends, da dies die Zeiten sind zu denen normalerweise gekocht wird und sich Leute im Haushalt befinden. Dabei ist der Peak um Mittag kleiner als morgens und abends, da nur ungefähr 30% aller Erwerbstätigen Teilzeit arbeiten, wie in Grafik 3 erkennbar ist. Die Spitzenlast ist diejenige, welche am schlechtesten reguliert werden kann, da der Strom für die Essenszubereitung täglich zu ähnlichen Uhrzeiten benötigt wird.

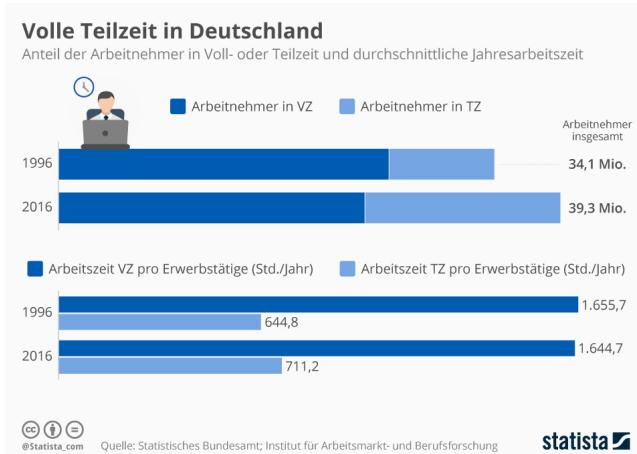


Abbildung 3: Die Verteilung von Vollzeit und Teilzeit Arbeitenden. Hierbei sind die Werte aus dem Jahr 2016 von Relevanz [cdn.statcdn.com, 2023].

5 Netzstabilität

Die Aufgabe der Energiekonzerne und demnach vom gesamten Stromnetz, ist dass diese Verbrauchskurve (s. Kap. 3) täglich erhalten bleibt und sowohl überschüssiger Strom aus- als auch fehlender Strom ins System eingeführt wird. Außerdem muss die Frequenz des Stroms bei 50Hz liegen, wobei eine Abweichung von maximal $\pm 0,2\text{Hz}$ möglich sind, ohne das Stromnetz zu destabilisieren [s. Dieter, 2011, S. 105].

5.1 Gewährleistung bei Stromüberschuss

Netzstabilität kann auf mehrere Weisen erzeugt werden. Bei einem Stromüberschuss könnten z.B. die Kraftwerke kurzzeitig vom Stromnetz entkoppelt werden. Dies passiert, indem die sich drehende Turbine von ihren Kontakten löst. Dadurch, dass das Drehmoment der Turbine erhalten bleibt wenn sie wieder an das Stromnetz geschlossen wird, muss sie nicht wieder neu in Bewegung gebracht werden, was ineffizient wäre [s. Dieter, 2011, S. 106, 107]. Eine weiter Lösung wäre, dass überschüssiger Strom an andere Unternehmen oder Staaten verkauft wird, wofür der Energiemarkt existiert [s. Aichele, 2014, S. 6]

5.2 Gewährleistung bei Stommangel

Falls jedoch zu wenig Strom produziert kann entweder Strom importiert oder die Grundlast heruntergebracht werden. Die andere Möglichkeit wäre, dass z.B. Fabriken, welche konstant Strom nutzen für eine gewisse Zeit abgestellt werden, bis wieder genügend Strom bereit steht.

Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und keinen überflüssigen oder nicht vorhandenen Strom zu haben wäre ein neue Möglichkeit, mit hinreichenden Informationen genau so viel Strom zu produzieren wie gebraucht wird (s. Kap. 9). (Dieter, 2011)

6 Erneuerbare Energien

Eine der treibenden Kräfte der Digitalisierung des Stromnetzes ist der Anstieg an erneuerbaren Energien im Stromnetz. Um den Klimawandel zu bekämpfen, muss die Stromerzeugung von Deutschland auf erneuerbare Energien umgestellt werden. [s. Aichele, 2012 S. 1]

Nun stellt sich erst einmal die Frage, welche erneuerbaren Technologien es gibt und welche davon für die Stromproduktion in Deutschland geeignet sind. In den folgenden Punkten werden die einzelnen Technologien besprochen. Ein grundsätzliches Verständnis der Funktionsweise dieser Technologien wird vorausgesetzt, da hier nur die Vor- und Nachteile sowie die Umsetzbarkeit im deutschen Stromnetz besprochen werden.

Laut Statistiken des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz wird 44% des deutschen Stroms aus erneuerbaren Energien produziert. [s. Abbildung 4]

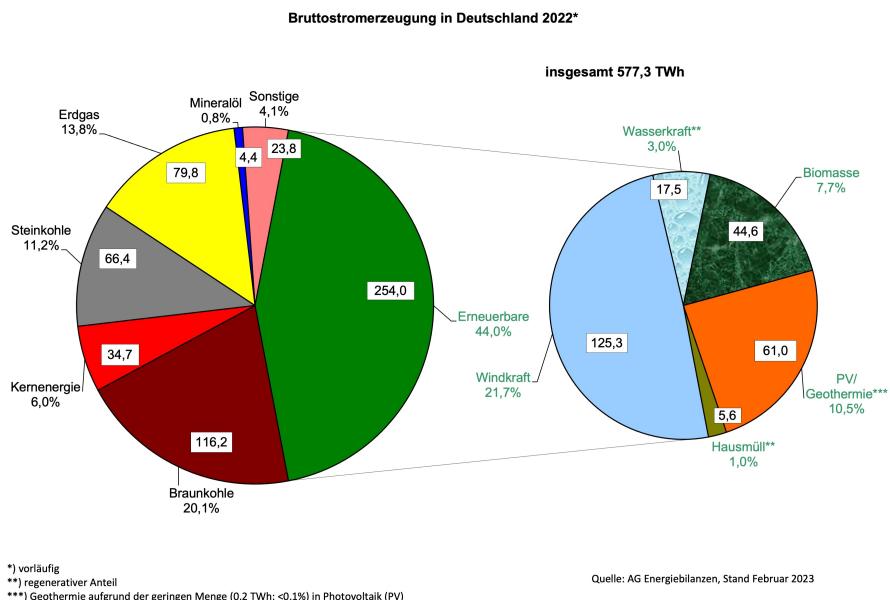


Abbildung 4: Verteilung der Stromproduktion [s. BMWK, 2023b]

6.1 Windkraft

21% des Stroms wird aus Windenergie gewonnen. Damit ist Windkraft die in Deutschland am weitesten verbreitete Weg, erneuerbaren Strom zu produzieren. [s. Abbildung 4]

Windkraftanlagen im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftwerken sind eine dezentral. Erst zusammen produzieren viele Windräder in Form eines Windparks Strommengen, die vergleichbar zu herkömmlichen Kraftwerken sind. [s. BMWK, 2023b Kap. Windenergie am Land]

Allgemein ist die Einstellung der Bevölkerung sehr positiv zu dem Ausbau von Windkraftanlagen. Jedoch werden große Hochspannungsleitungen und Windparks als störend in der Landschaft empfunden, und so werfen einige Kritiker der allgemeinen Bürger die Doppel-Moral vor: „Erneuerbare Energien ja, aber nicht vor meiner Haustür“ vor. Experten sind der Meinung, dass solange die Bevölkerung Mitspracherecht in der Planung eines Wildparks hat, könnten meistens Lösungen gefunden werden, mit den die meisten zu Frieden sind. [s. Schulz, 2023]

6.2 Photovoltaik

Ca. 10% des deutschen Stroms wird aus Photovoltaik, im Weiteren mit dem vereinfachten Wort Solarkraft besprochen, erzeugt. Dabei gibt es zwei durchstechende Solaranlagen Konzepte die Fuß auf dem deutschen Markt gefunden haben. [s. Abbildung 4]

Einmal installieren sich viele Firmen und privat Haushalte einige Solaranlagen auf ihr eigenes Dach. Dies hat den primären Grund den eigenen Stromverbrauch zu decken, bzw. unabhängig vom Strommarkt zu sein. Wobei über diese Anlagen oft auch der übrige Strom ins Stromnetz eingespeist werden kann. Das andere Solaranlagenkonzept sind Unternehmen, welche Felder pachten und diese mit Solaranlagen zu bestücken. Diese verkaufen den produzierten Strom komplett ins Stromnetz und finanzieren so die Anschaffungskosten. [s. Aichele, 2012 S. 48]

6.3 Wasserkraft

Wasserkraft ist in Deutschland eine etablierte und die älteste Form der Energieproduktion. Ein großer Stausee produziert die Energiemengen, die vergleichbar mit herkömmlichen Kraftwerken sind. Jedoch hat sie das große Problem, dass man immer ein leeres Tal benötigt um einen Stausee mit Wasserkraftwerk bauen kann. Daher gibt es in Deutschland keine wirklich gut geeigneten Orte für neue Wasserkraftwerke. Da in den meisten Fällen Ortschaften umgesiedelt werden müssten, oder das Bodengestein für die Last eines Staudamms nicht geeignet ist. [s. Aichele, 2012 S. 50]

6.4 Biomasse

Ein anderer Weg, erneuerbare Energie zu produzieren, ist durch die Nutzung von Biomasse. Eine verbreitete Technologie ist die Biogasanlage. In einer Biogasanlage wird Biomasse, meistens Silomais, eingelagert und durch Wärme und Zusatz von Bakterien zum Gären angeregt. Dabei wird Biogase, eine Mischung aus mehreren brennbaren Gasen, und Wärme freigesetzt. Die Gase können in Blockkraftwerken zu Energie umgewandelt werden. [s. Aichele, 2012 S. 51] Die produzierte Wärme und der Strom werden, allgemein als erneuerbar anerkannt, da die Biomasse, die nachwachsen kann zur Produktion genutzt wird. Kritischer wird die Verbrennung von Holz als Form der erneuerbaren Stromgewinnung gesehen, da hier auch eine wesentlich größere Menge an Treibhausgasen frei gesetzt werden und Wälder länger brauchen um nachzuwachsen. [s. BMWK, 2023a]

Ca. 9% der gesamten deutschen Landwirtschaftsfläche wird für Biogasanlagen verwendet. [s. BMWK, 2023a] Diese decken ca. 7% des gesamten deutschen Strombedarfs ab. [s. Abbildung 4]

Einige Personen sehen die Nutzung der Ackerfläche für Biogasanlagen kritisch, da auf diesen Feldern kein Essen angebaut wird. Durch die starke Subvention, der Biogasanlagen war es teilweise für Bauern profitabler all ihre Felder für Biogasanlagen zu nutzen, anstatt auf ihnen Futter für ihre Tiere oder Essen für Bevölkerung anzubauen. Jedoch wird darauf das Gegenargument geliefert, dass einige der genutzten Felder eh nicht gut für den Anbau von Futter oder Essen geeignet sei. Im Endeffekt ist diese Diskussion hochindividuell abhängig von den jeweiligen Ackerstücken und so kann keine allgemeine Aussage dazu getroffen werden. [s. ARD-Alpha, 2021]

6.5 Probleme

Jedoch bringen erneuerbare Energien einige Probleme und Fragestellungen mit sich. Viele erneuerbare Kraftwerke sind im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftwerken wesentlich beschränkter in den möglichen Standpunkten, an den sie gebaut werden können. Außerdem produzieren viele Technologien wie Solarkraft oder Windkraft nicht durchgängig Energie. Durch diese beiden Effekte wird der Transport und Speicherung der Energie ein wesentliches Problem der Umsetzbarkeit, als die Stromproduktion selbst. [s. Aichele, 2012 S. 161]

7 Idee einer persönlichen Solaranlage

Mit der Entwicklung von Solaranlagen, die sich ein privater Haushalt leisten kann. Gibt es die Idee, dass man als Haushalt seinen eigenen Strom auf dem eigenen Dach produziert. Für die meisten privaten Personen ist die Idee ansprechend, da es die Möglichkeit gibt, dass sich die Solaranlagen rentiert und auf lange Sicht wesentlich günstiger ist als monatlich Stromkosten sind. Dazu bieten die meisten Netzbetreiber die Möglichkeit, dass man auch den extra Strom an den Stromanbieter verkaufen kann und so theoretisch Profit machen könnte. Da

die Sonne aber nicht den ganzen Tag scheint, benötigt man ein Stromspeicher-System, um komplett autark zu sein. Meistens wenden Kombisysteme genutzt, wo ein Teil des Stroms selbst produziert wird und bei Bedarf der Rest vom Netz gekauft wird. Wenn man einen Stromspeicher hat, macht es auch Sinn nächst zu Strom zu günstigeren Konditionen zu kaufen, den man dann über den Tag verbraucht. In diesem Bereich gibt es viele verschiedene Stromanbieter mit verschiedenen Vertragskonzepten. [s. Verbraucherzentrale, 2023]

8 Stromspeicher

Es gibt verschiedene Technologien, um Energie zu speichern. Bei der Überlegung, welche Technologie für den Ausgleich der unregelmäßigen Stromproduktion erneuerbaren Energien geeignet ist, gibt es mehrere relevante Faktoren. Erstens die maximale Menge an Energie, die man noch effizient speichern kann. Damit ist gemeint, wie gut eine Technologie in ihrer Effizienz skaliert, wenn man die Energiespeicher Menge erhöht. Zweitens die Geschwindigkeit, in der man Energie speichern und abgeben kann. Dazu ist die Umweltfreundlichkeit und die Kosten einer Speichertechnologie relevante Faktoren.

Abbildung 5 gibt einen Überblick über die relevantesten Speichertechnologien. Sie stellt den Bereich der Speichermenge zu Energie, Abgaberate der einzelnen Technologien an. Durch die Grafik wird klar, dass es gerade keine Technologie gibt, die man effizient als Puffer für den gesamten Strombedarf von Deutschland verwenden könnte. Denn in für diesen Anwendungsfall benötigt man Abgabe Geschwindigkeiten im Minuten und Stundenbereich, jedoch muss man sich auch im GWh und TWh Bereich bewegen. [s. Dieter, 2011]

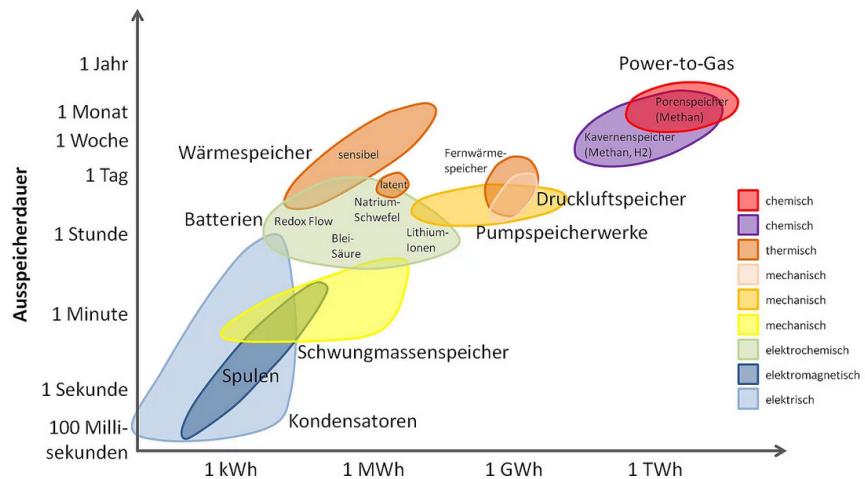


Abbildung 5: Stromspeicher-Technologien im Vergleich [s. Energie-Experten, 2021]

8.1 Verbraucher als Energiepuffer

Eine weitere Idee, mit dem Stromspeicherproblem umzugehen ist, eine große Menge an Stromverbrauchern zu haben, die man variable abschalten kann, um die Netzstabilität sicherzustellen. Die Idee ist, anstatt genug Stromspeicher zu haben um auf jede Extremstelle im Produktions zu Verbrauchsverhältnisses ab sicher zu können, gleicht man den Verbrauch mehr der Stromproduktion an. Das heißt, wenn viel Strom vorhanden ist, da es ein sonniger windiger Tag ist, dann laufen alle Stromverbraucher auf Hochtouren, und wenn gerade nicht viel Strom vorhanden ist, werden viele Abnehmer lieber ausgeschaltet. Gerade Fabriken könnten in ein Smart Grid so intrigierte werden, dass sie automatisch abgeschaltet werden. [s. Aichele, 2012 S. 162 und Dieter, 2011 S. 106]

9 Smart Grid und Smart Meter

Als Smart Grid wird unter kommunikativer Hinsicht die Vernetzung der Energieversorgungsnetze bezeichnet. [s. Aichele, 2012 S. 233, Zeile: 1]

Im Grunde stellt das Smart Grid eine dezentralisierte Form des derzeitigen Stromnetzes dar, in dem Strom aus mehreren Quellen eingespeist, allerdings auch abgezapft werden kann [s. Dieter, 2011, S. 104].

9.1 Das Smart Grid

Das Smart Grid, oder intelligentes Stromnetz, ist die Antwort der Informatik auf die Energiewende, um die volatilen erneuerbaren Energien in das schon existierende Stromnetz zu integrieren, und die deutsche Stromproduktion klimafreundlicher zu gestalten [s. Dieter, 2011, S. 104]. Das vorherige Stromnetz, welches in Kapitel 3 beschrieben wurde, muss für diese Aufgabe im großen Maße ausgebaut werden. Von einem Netz, dessen wenige Kraftwerke die einzigen Quellen des Stroms waren, wird darauf hingearbeitet, dass jede Kommune mit ihren Windparks, Solar- und Biogasanlagen Teil des Stromnetzes wird, als Nutzer und Produzent von Strom. Hierbei ist der Gedanke, dass Strom lokal produziert wird, und überflüssiger Strom an die Kommunen transportiert werden kann, welche einen Strommangel haben. Im Grunde wird angestrebt, dass einzelne Haushalte selber Strom produzieren und ggf. in das Stromnetz einspeisen. Somit entwickelt sich das Netz weg von einer zentralen einseitigen Energierichtung zu einem groß vernetzen System aus Erzeugern und Verbrauchern [s. Dieter, 2011, S. 104]. Die nötigen Kontrollsysteem, um die Stabilität dieses Netzes zu gewährleisten benötigen viele Daten zu bestimmten Zeitpunkten, vor allem von Haushalten, die derzeit nicht erhebbar sind. Eine Lösung für die mangelnden sofortigen Daten über Stromverbrauch wäre ein sogenanntes Smart Meter, welches im Gegensatz zum haushaltsüblichen Stromzähler in konstantem Kontakt mit dem dazugehörigen Energiekonzern steht. Dies ermöglicht den Konzer-

nen ihre Stromverteilung besser vorauszuplanen und somit die Netzstabilität zu gewährleisten [s. Bernhardt, 2014, S. 193].

9.2 Das Smart Meter

Als eine Version eines Stromzählers welcher direkt mit dem Energiekonzern kommuniziert, ist das Smart Meter eine Technologie, welche einen großer Schritt zur Erschaffung des Smart Grids bedeutet. Es erlaubt den Konzernen dynamisch auf die Daten über die Stromnutzung des Haushalts zuzugreifen. Solch eine Datenmenge kann sowohl von Nutzen sein, als auch potentielle Gefahren bergen [s. Bernhardt, 2014, S. 193].

9.2.1 Vorteile von Smart Metern

Smart Meter erlauben eine effiziente statische und dynamische Herangehensweise an den Stromverbrauch: sowohl auf Seiten der Haushalte als auch der anbietenden Energiekonzerne. Für die Haushalte stellt es eine Erleichterung der bürokratischen Schritte bei den Konzernen dar. Einige Beispiele wären, dass Umzüge leichter zu registrieren sind, dass Netzzanschlüsse in neuen Wohnungen direkt genutzt werden können und dass der derzeitig verbrauchte Strom direkt abgelesen werden können, womit finanzielle Unsicherheiten größtenteils wegfallen [s. Bernhardt, 2014, S. 193]. Zudem erlauben die nun möglichen dynamischen Tarife eine Weitergabe von gesunkenen Strompreisen am Energiemarkt an die Verbraucher [s. Bernhardt, 2014, S. 193].

9.2.2 Nachteile von Smart Metern

Den Energiekonzerne ermöglichen die neuen Daten aus dem Smart Meter, dass sie einen digitalen Zwilling des Haushalts erstellen können. Allein aus Datenschutzgründen wäre dies ein großes No-Go Datenschutz [s. Dieter, 2011, S. 108]. Dazu käme noch die profitorientierte Haltung der Energiekonzerne, welche mithilfe der Daten der Haushalte die dynamische Tarife so aufstellen könnten, dass jegliche Abweichung von der Stromverbrauchskurve 4 Extrakosten nach sich ziehen wird [s. Bernhardt, 2014, S. 193]. Zusammengefasst hätten die Energiekonzerne sowohl effizientere Stromverteilung, also keine Verschwendungen, andererseits könnte sich dies nachteilhaft für Verbraucher auswirken, welche nicht dasselbe Stromnutzungsverhalten aufweisen wie der Durchschnittsverbraucher. Zudem ist die Menge der Daten, welche abgefragt werden dürfen ein Debattiertema, mit Blick auf den Datenschutz [s. Bernhardt, 2014, S. 193 und s. Dieter, 2011, S. 108].

10 Informatik Probleme mit der Energiewende

Die Umsetzung der erneuerbaren Energie Konzerte erfordern eine große Menge an Veränderungen. Da sich die Art wie, wann und wo Strom produziert wird stark ändern wird. Ein gutes Stück der Infrastruktur umgebaut werden. Dieses

Umdenken erfordert auch Änderung der Steuerungs- und Planungs-Systeme, die das Stromnetz kontrollieren. In einem Smart Grid sind alle Stromproduzenten, Verteiler-Systeme und Verbraucher digital miteinander verbunden. Dies zeigt einige Probleme auf. Hacking-Angriffe oder Programm-Bugs können verheerendere Folgen haben. Bisher hatten die meisten Steuersysteme des Stromnetzes keinen oder sehr wenig Kontakt nach außen und konnten weitestgehend autark laufen. Dies ist einem komplett verbundenen Smart Grid erstmal nicht der Fall. Die Kommunikation zwischen alle diesen Systemen würde wahrscheinlich über das Internet stattfinden, was heißt der zumindest Teile, der Stromnetzsteuerung ausfallen würden, wenn das Deutsche DSL Netz ausfällt. Daher müssten viele Sicherheitsmaßnahmen und Notfall Routinen entwickelt werden, um ein sicheres Smart Grid zu garantieren. Ein weiterer Punkt ist, dass es allgemein sehr schwierig ist fehlerfreie Software zu schreiben. Gerade in einem hochkomplexen System kann nicht komplett vorausgesagt werden, welche Effekte verschiedene Teile des Systems aufeinander haben werden. Wohin gegen der Code der schon seit vielen Jahren in einem aktiven System läuft, mittlerweile relativ fehlerfrei ist, da die meisten verheerenden Fehler, die auftreten können, schon aufgetreten sind. Daher muss man davon ausgehen, dass viel Veränderung und Innovation des Stromnetzes zu einem smarten Grid auch mit viele Software-Fehler und Ausfällen einhergeht. Wie verehrend diese Fehler sein werden, kann man nicht im Vorhinein sagen. [s. Komarnicki, 2021, S. 1 - 10]

11 Verschiedene Sichten auf die Thematik

11.1 Korrelation zwischen Einkommen und Einstellung zum Klimaschutz

11.2 Meinung der Haushalte

Oft geht man instinktiv von einer Korrelation zwischen dem Einkommen einer Person und ihrer Stellung zum Klimawandel aus. Die Menschen mit einem sehr niedrigen Einkommen, wird vorgesagt, sie würden immer nur auf den Preis gucken und so nicht klimafreundlich sein. Dabei wird generell die Annahme gemacht, dass die klimafreundliche Alternative auch generell die teuer sei. Die ist nicht immer so. [s. Abbildung 6] Und auch wenn man davon ausgeht, dass die klimafreundliche Alternative wesentlich teurer ist, dann gibt es einen großen Unterschied, zwischen sich, die klimafreundliche Alternative nicht leisten können und sich nicht für die klimafreundliche Alternative zu interessieren. Allerdings sind laut Umfragen nur ca. 33% der Befragten Stromverbraucher gegen Ökostrom, welcher teurer ist, was die Folge aus einer Umstellung auf ein Smart Grid sein wird [s. Abb. 7].

Auch ist der Datenschutz bei Verbrauchern ein Problem, da die Daten z.B. eines Smart Meters viele persönliche Daten ablesen und den Energiekonzerne übermitteln könnten [s. Dieter, 2011, S. 108]. Jedoch ist laut einer Umfrage der Konsens, dass Smart Meter einen nicht geringen Anteil an Strom einsparen

Vergleich der gesamten Systemkosten von Erneuerbaren- sowie kohle- und erdgasbasierten Stromsystemen bei CO₂-Preisen von 50 Euro pro Tonne, 2050

Abbildung Z-1

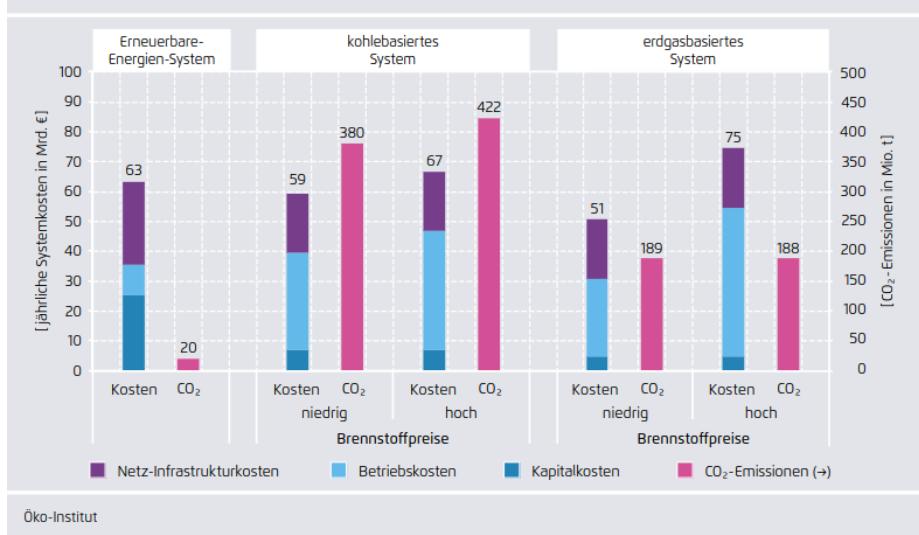


Abbildung 6: Preise erneuerbaren Energien gegen fossile Brennstoffe [s. Christian, 2017]

könnten [s. Abb. 8].

11.3 Meinung des deutschen Staats

Die deutsche Regierung fördert aktiv erneuerbare Energien. Sie unterstützt den Ausbau von Technologien, welche das Stromnetz in Richtung eines Smart Grid entwickeln. Der Staat subventioniert den Ausbau des Stromnetzes um erneuerbare Energien zu fördern [s. BNA, 2011, S. 50]. Dem Staat ist wichtig, dass die Gesellschaft welche den Staat formt sicher mit Strom versorgt wird. Dazu muss die Infrastruktur stabil sein und vor Überlastung, Komponentenschäden und Cyberangriffen geschützt sein [s. Buck, 2022, S. 494]. Das Smart Grid, welches grundlegend auf digitalen Techniken und Daten baut, ist demnach exakt bei diesen Schnittstellen verwundbar. Auch ist dem Staat die Bezahlbarkeit des Stroms wichtig, da selbst die untere Bürgerschicht, welche nur geringfügig finanzielle Mittel besitzt, eine sichere Stromzufuhr hat. Zudem ist noch wichtig zu erwähnen, dass der Staat, bzw. die Regierung die ungefähre Meinung der Bevölkerung widerspiegelt und demnach auch in deren Interesse handelt, womit auch Datenschutz eine wichtige Rolle für den Staat spielt [s. Dieter, 2011, S. 108].

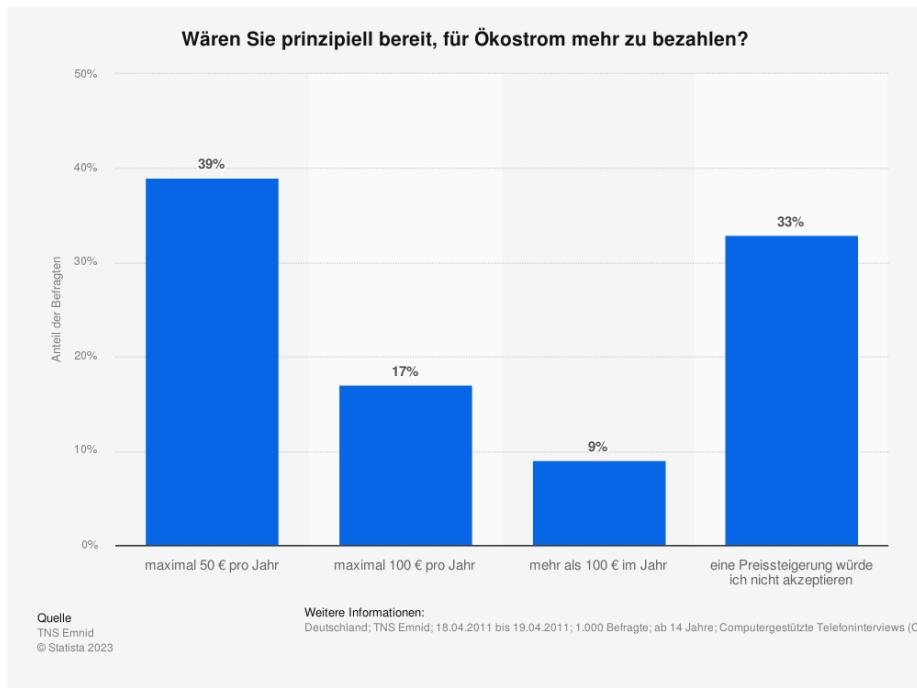


Abbildung 7: Die Akzeptanz von Verbrauchern für teurer werdenden Ökostrom mehr zu zahlen [de.statista.com, o. D. a].

11.4 Meinung der Energiekonzerne

Die Energiekonzerne sehen in erneuerbaren Energien eine Chance [s. Bernhardt, 2014, S. 193 und s. Dieter, 2011, S. 108]. Ein Smart Grid kann potenziell die Effizienz des Stromnetzes steigern und somit höhere Gewinne einfahren. Strom aus erneuerbaren Quellen zu produzieren und anzubieten ist förderlich für Marketing, Image und Vertrieb von Stromverträgen. Im Smart-Metering kann die Chance darin liegen, dass für den Konzern bessere und vor allem dynamische Tarife mit den Kunden abgeschlossen werden können [s. Bernhardt, 2014, S. 193]. Dadurch, dass der Konzern mehr Daten über den Kunden bereit liegen hat, kann er Probleme, z.B. Stromnutzung zu ungünstigen Zeiten, bemerken und diese in individuellen Tarifen behandeln [s. Bernhardt, 2014 S. 193]. Jedoch ist der Ausbau des Stromnetzes mit hohen Kosten verbunden: Die Länge an Stromkabeln und Infrastruktur die erneuert, bzw. hinzugefügt werden müsste, würde hohe Kosten entstehen. Die Komplexität des Themas ist erkennbar daran, dass auf der Webseite „<https://www.netzausbau.de>“ die Pläne mit dem Netzausbau nachverfolgt werden können. Daher bauen die Energiekonzerne auf eine möglichst große Unterstützung des Staates in Form von Subventionen [s. BNA, 2011, S. 50].

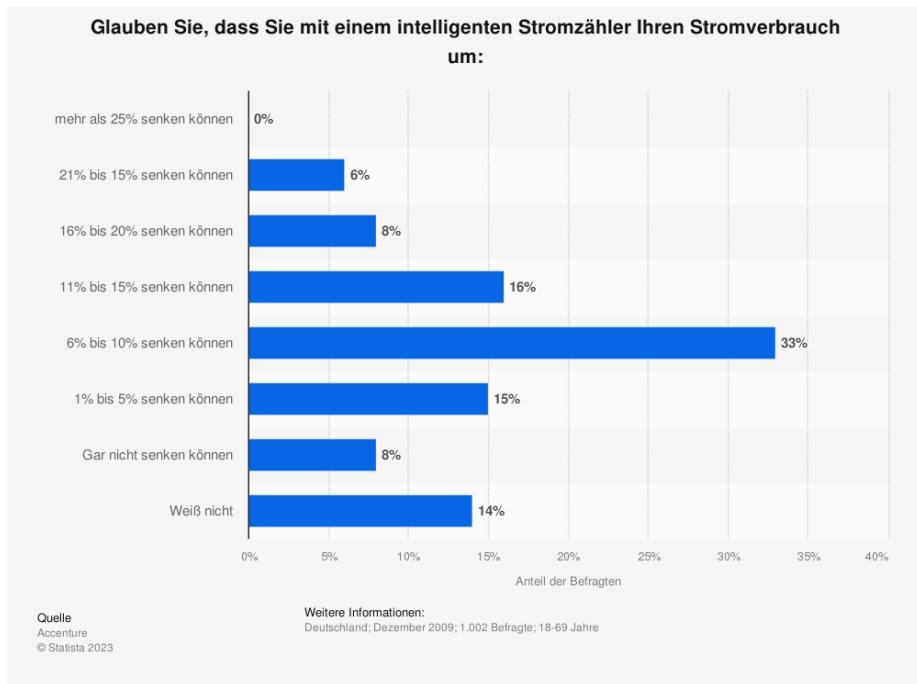


Abbildung 8: Die geschätzte Menge an Strom, welche durch den Einsatz von Smart Metern eingespart werden würde [de.statista.com, o. D. b].

12 Zusammenfassung

Das Stromnetz muss modernisiert werden, um erneuerbare Energien als Hauptenergieträger einzubeziehen. Der Ansatz des Smart Grid bewältigt die komplexen Steuersysteme mithilfe von Informatiksystemen und schafft so eine digitalisierte Herangehensweise an Energieversorgung. Diese Digitalisierung hat sowohl Vor- und Nachteile, welche sich auf verschiedene beteiligte Parteien anderweitig auswirken. Grundlegende Probleme sind die Kosten der Ausbauung des Stromnetzes für Staat und Energiekonzerne. Diese Kosten werden über die Strompreise an die Verbraucher weitergeleitet. Zudem liegt wie bei allen digitalen Systemen ein gewisses IT-Risiko vor, da das Smart Grid auch viele Daten über die Verbraucher benötigt, ist der Datenschutz auch eines der Probleme für Staat und Verbraucher. Der Vorteil des Smart Grids jedoch ist, dass Strom sehr viel effizienter, klimafreundlicher und dynamischer erzeugt und verteilt werden kann.

Literatur

- Aichele, C. (2012). *Smart Energy: Von der reaktiven Kundenverwaltung zum proaktiven Kundenmanagement*. Springer Vieweg.
- Aichele, C. (2014). *Smart Market: Vom Smart Grid zum intelligenten Energiemarkt*. Springer Vieweg.
- ARD-Alpha. (2021). Nachhaltigkeit mit Nebenwirkung [Stand: 14.08.23 11:29]. URL : <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/nachhaltigkeit/erneuerbare-energien-biogas-nachwachsende-rohstoffe-biomasse-100.html>
- axpo.com. (2023). URL:https://www.axpo.com/at/de/magazin/energiemarkt/der-weg-des-stroms/_jcr_content/root/contentsection1/responsivegrid/responsivegrid_right/image.coreimg.png/1583506015836/1801-stromweg-grafik-de-energiemarkt.png
- Bernhardt, K. (2014). *Smart Metering: ein „nicht“ technischer Blickwinkel*. Springer Verlag Wien.
- BMWK. (2023a). Biogas [Stand: 12.08.23 12:28]. URL:<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioekonomie-nachwachsende-rohstoffe/biogas.html>
- BMWK. (2023b). Erneuerbare Energien [Stand: 11.08.23 14:22]. URL:<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>
- BNA. (2011). „Smart Grid“ und „Smart Market“: Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems [Stand: 18.08.23 16:16]. URL:https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen-Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/SmartGrid/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Buck, C. (2022). *Cyber-Sicherheit für kritische Energieinfrastrukturen – Handlungsempfehlungen zur Umsetzung einer Zero-Trust-Architektur*. Springer Verlag.
- cdn.statcdn.com. (2023). URL:<https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/10330.jpeg>
- Christian, F. (2017). *Erneuerbare vs. fossile Stromsysteme: ein Kostenvergleich: Stromwelten 2050 – Analyse von Erneuerbaren, kohle- und gasbasierten Elektrizitätssystemen*. Agora.
- de.statista.com. (o. D. a). URL:<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/183752/umfrage/akzeptanz-hoherer-kosten-fuer-oekostrom/>
- de.statista.com. (o. D. b). URL:<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156345/umfrage/geschaetzte-senkung-des-stromverbrauchs-durch-smart-meter-einsatz/>
- Dieter, K. (2011). *Smart Grid, cui bono? Anmerkungen zur Zukunft der Stromversorgung*. J. Cramer Verlag, Braunschweig.
- Energie-Experten. (2021). Energiespeicher-Technologien im Überblick [Stand: 14.08.23 11:36]. URL:<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/oekostrom/energiespeicher>

- Komarnicki, P. (2021). *Sektorenkopplung: Energetisch-nachhaltige Wirtschaft der Zukunft*. Springer.
- lehrerfreund.de. (2023). URL:https://www.lehrerfreund.de/medien/_assets_bilder/tec_lehrerfreund/Elekrotechnik/Kurve_Spitzenlast_klein.png
- Schulz, A. (2023). NDR Info Für Windparks gibt es eine sehr hohe Zustimmung” [Stand: 14.08.23 11:10]. URL:<https://www.ndr.de/nachrichten/info/Fuer-Windparks-gibt-es-eine-sehr-hohe-Zustimmung,windparks118.html>
- Verbraucherzentrale. (2023). Photovoltaik: Was bei der Planung einer Solaranlage wichtig ist [Stand: 14.08.23 11:51]. URL:<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/photovoltaik-was-bei-der-planung-einer-solaranlage-wichtig-ist-5574r>

Charakterzähler: 24829