



Energiewende im Fokus



Energiewende im Ganzen denken (Sektorkopplung)





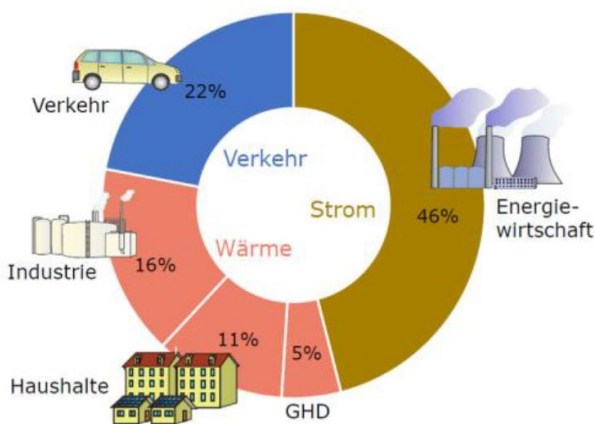
Nach QUASCHNING¹ gibt es – „nur“ bzw. „immerhin“ – eine bis 2040 tatsächlich machbare Strategie für die Energiewende. Er schreibt 2016, dass das verbleibende CO₂-Restbudget, um die Klimaerwärmung auf 1,5°C zu begrenzen, eine weltweite THG-Neutralität bis spätestens 2040 notwendig macht. Mit Abstand größter THG-Emittent ist heute die fossile Energiewirtschaft. In den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität gibt es umfangreiche fossile CO₂-Emissionen, die sehr rasch auf Null gesenkt werden müssen. Für den künftigen Energiebedarf stehen grundsätzlich unterschiedliche Strategien zur Verfügung. Dabei spielen Strom und Effizienzsteigerung die Hauptrollen, aber auch alle anderen EE werden gebraucht. Die Sektorkopplung von Strom, Wärme und Mobilität wirkt sich sehr positiv auf die Machbarkeit der Energiewende aus. Der gesamte Endenergiebedarf in Deutschland würde von rund 2.400 Mrd. kWh um knapp ein Drittel auf rd. 1.600 Mrd. kWh sinken. Der Strombedarf würde sich in etwa auf 1.320 Mrd. kWh verdoppeln. Für den erhöhten Strombedarf, sowie für die begleitende Speicher- und Netz-Infrastruktur sind entsprechende Ausbaupfade erforderlich und möglich. Weitere Reduktionen des Energiebedarfs und technische Fortschritte könnten die Aufgabe wesentlich erleichtern, sind aber vorsichtshalber nicht einkalkuliert. Daher ist eine regelmäßige Aktualisierung der Strategie wichtig. Daraus ergibt sich – vorbehaltlich o.g. „Erleichterungen“ – das politische Ziel „2 x 100 % EE-Strom (bezogen auf den heutigen Bedarf)“. Landkreis und Kommunen sollten diesen Transformations-pfad tatkräftig unterstützen!

Was versteht man eigentlich unter Energiewende?

Energiewende ist die Umstellung unseres gesamten Energiebedarfs (Strom, Wärme, Verkehr) auf 100 % EE (Sonne, Wind, Wasser, Geothermie, Bioenergien) auf ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltige Weise. Es handelt sich um eine sehr komplexe Aufgabe, da – bei laufendem Betrieb – nicht nur ein neues Ziel (100 % EE, dezentral) erreicht, sondern auch das bestehende Energiesystem (fossil, nuklear, zentral) abgelöst werden muss, idealerweise ohne Bürger, Wirtschaft und Staat zu überlasten.

Warum ist eine rasche Energiewende so wichtig?

Der immer schneller voranschreitende Klimawandel (s. Kapitel 2) lässt uns nicht mehr viel Zeit, um den gesamten Energiebedarf CO₂-neutral bereitzustellen. Hinzu kommen die Verknappung fossiler Energieträger und der Atomausstieg, die ein hohes Tempo notwendig machen. Für das 1,5-Grad-Ziel brauchen wir bis 2030/2040 THG-Neutralität – auch in Deutschland – sowie die Einhaltung des THG-Budgets. Und die Kosten des Klimawandels liegen um ein Vielfaches höher als die Kosten von rechtzeitigem Klimaschutz².



Grafik: Anteil der Sektoren an den energiebedingten THG in Deutschland 2014, (Quaschning)³

Wie groß sind die CO₂-Emissionen in Deutschland?

Energiebedingte THG-Emissionen trugen 2014 mit rd. 752 Mio. t CO₂-Äquivalenten den Löwenanteil (83 %) zu den rund 902 Mio. t Gesamtemissionen bei⁴.

Die (Kohle-)Kraftwerke zur Stromerzeugung emittieren davon knapp die Hälfte und sind der wichtigste Ansatz zur schnellen Reduktion der THG. Es folgen der Verkehr (PKW und LKW), die Industrie (v.a. Prozesswärme), die Haushalte und GHD (Gewerbe, Handel und Dienstleistung, s. Grafik).

Wie wäre eine rasche Energiewende machbar?

QUASCHNING hat 2016 in seiner viel beachteten Studie „Sektorkopplung durch die Energiewende“ untersucht, auf welche Weise in Deutschland eine vollständige Energiewende bis 2040 machbar wäre. Dabei zeigte sich, dass gerade die Kopplung von Strom, Wärme und Mobilität die Umsetzung erheblich erleichtert. Durch Energieeinsparung, Ausbau der EE-Stromerzeugung auf rd. 1.320 Mrd. kWh sowie Einsatz von EE-Strom-basierten Gasen (PtG) und Treibstoffen (PtL) wird das Ziel erreichbar⁵. Technologische Weiterentwicklungen bei der Erzeugung, Speicherung und Umwandlung von EE-Strom sowie beim Energieverbrauch sind darin nicht einkalkuliert und werden den Prozess erleichtern.

Auch wenn die Zahlen sich inzwischen verändert haben, sind die Grundaussagen der Studie unverändert gültig. Nachfolgend einige wichtige Auszüge:

Endenergieverbrauch in Deutschland heute

Der größte Teil des Endenergieverbrauchs von 2.402 Mrd. kWh (2014) entfällt auf den Bereich Wärme (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme), wobei ein Teil davon auch über Strom und Fernwärme aus Kraftwerken gedeckt wird. Der größte Anteil der mechanischen Energie ist dem Verkehrssektor zuzuordnen.

¹ V. Quaschning: Sektorkopplung durch die Energiewende (2016)

² Sir Nicholas Stern: The Economics of Climate Change (2006)

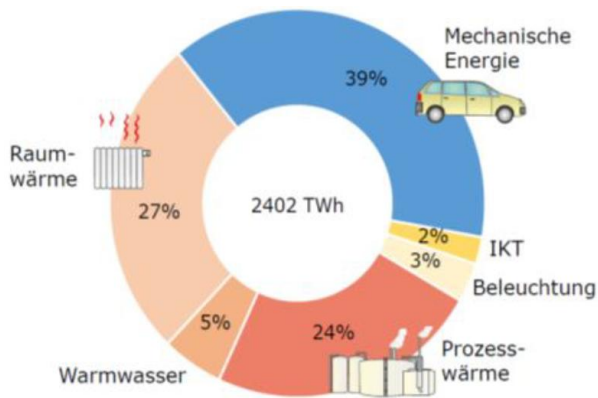
³ (1 % entspricht rd. 7,5 Mio. t CO₂e)

⁴ Treibhausgasemissionen 2014, Quelle UBA

⁵ PtG, PtL: Power to Gas / to Liquid = Erneuerbares Gas / Methanol



Auch die Industrie benötigt mechanische Energie, die überwiegend elektrisch gedeckt wird. Der genutzte Strom (600 Mrd. kWh) wird zu großen Teilen in den Bereichen Wärme (200 Mrd. kWh) und mechanische Energie (275 Mrd. kWh) eingesetzt. 75 Mrd. kWh entfallen auf Beleuchtung und 50 Mrd. kWh auf Informations- und Kommunikationstechnik (IKT).



Grafik: Endenergieverbrauch 2014 in Deutschland aufgeteilt in die verschiedenen Sektoren (Quaschnig s.o.)

Energiewende im Wärmesektor

Fossile Energieträger lieferten im Jahr 2014

- 485,3 Mrd. kWh Raumwärme (75 % des Bedarfs)
- 84,5 Mrd. kWh Warmwasser (66 %)
- 346,5 Mrd. kWh gewerbliche Prozesswärme (73 %)

Bei EE-Wärme haben biogene Energieträger den mit Abstand größten Anteil, können aber nicht mehr substanziell gesteigert werden. Solarthermie und Tiefengeothermie können weiter ausgebaut werden. Die wirtschaftlichen Potenziale sind hier aber begrenzt.

Daraus folgt: Die Dekarbonisierung des Wärmesektors kann nur durch einen hohen Anteil von Strom aus regenerativen Kraftwerken und dem Einsatz von Wärmepumpen gelingen.

Würde die Dekarbonisierung im Raumwärme- und Warmwasserbereich im Wesentlichen durch Gas-Brennwertkessel mit Gas erfolgen, das über Power-to-Gas-Verfahren auf Basis von regenerativ erzeugtem Strom gewonnen wird, benötigte man zusätzlich rund 770 Mrd. kWh Strom. Gas-Brennwertkessel und KWK-Anlagen sind wegen schlechter Effizienz daher für die Dekarbonisierung bei der Energiewende nicht geeignet. Soll die Dekarbonisierung im Jahr 2040 abgeschlossen sein, **dürfen Öl- und Gasheizungen ab dem Jahr 2020 nicht mehr neu gebaut werden. Stattdessen müssen effiziente Wärmepumpen die Versorgung der Raumwärme und des Warmwassers übernehmen.**

Durch Gebäudesanierung ist der Wärmebedarf der Gebäude in den nächsten 25 Jahren möglichst um 30 bis 50 % zu senken. Dann entstünde ein zusätzlicher Strombedarf von „nur“ 38 Mrd. kWh. Da aufgrund der relativ kurzen Zeit für die Umstellung mit geringeren Einsparerefolgen zu rechnen ist, geht QUASCHNING vorsichtshalber

von einem zusätzlichen Strombedarf für Raumwärme und Warmwasser von rd. 150 Mrd. kWh aus.

Für die Dekarbonisierung der Prozesswärme für Industrie und GHD entsteht ein zusätzlicher Strombedarf in der Größenordnung von 250 Mrd. kWh. Andere Studien geben den Strombedarf für die Industrie bis zu dreimal so hoch an. Der erforderliche zusätzliche Strombedarf ist bis 2040 vollständig durch EE zu decken.

Energiewende im Verkehrssektor

Im Verkehrssektor wurden 2014 rd. 730 Mrd. kWh Endenergie benötigt, davon 684,2 Mrd. kWh (93,7 %) in Form von Benzin, Diesel und Flugbenzin.

Biogene Energieträger decken etwas mehr als 4 %. Der Anteil der Biomasse kann aber nicht mehr substanziell ausgebaut werden. Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors kann im Wesentlichen nur durch Strom aus regenerativen Kraftwerken gelingen.

Erfolgte die Dekarbonisierung im Wesentlichen durch Treibstoffe, die über PtL-Verfahren auf Basis von regenerativ erzeugtem Strom gewonnen würden, ergäbe sich ein zusätzlicher Bedarf von ca. 1.000 Mrd. kWh an Strom. Werden Effizienzmaßnahmen (v.a. Elektromobilität) konsequent umgesetzt, reduziert sich der zusätzliche Strombedarf auf 337 Mrd. kWh, also ein Drittel.

Deswegen muss der Individualverkehr künftig fast ausschließlich auf Elektrofahrzeugen mit Batteriespeichern basieren. Möglichst ab 2025, spätestens aber ab 2030, sollten in Deutschland keine Neufahrzeuge mit Verbrennungsmotoren mehr zugelassen werden.

Auch der Güter- und Omnibusverkehr muss elektrifiziert werden. Aufgrund der langen Strecken im Güterverkehr wird empfohlen, die wichtigsten Fernstraßen mit elektrischen Oberleitungen zu versehen.

Für den Flug- und Schiffsverkehr lässt sich eine Dekarbonisierung kurzfristig nur durch den Einsatz von regenerativen Power-to-Liquid-Treibstoffen und den verfügbaren biogenen Treibstoffen erreichen.

Zur Entlastung der regenerativen Stromerzeugung in Deutschland und zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit kann ein Teil der Power-to-Liquid-Treibstoffe aus Ländern mit einem besseren Solarstrahlungs- oder Windangebot als Deutschland importiert werden. Der verbleibende zusätzliche Strombedarf von 200 Mrd. kWh muss bis 2040 jedoch vollständig durch heimische EE gedeckt werden.

Energiewende im Stromsektor

Nimmt man den zusätzlichen Strombedarf der effizienten Szenarien für Wärme und Verkehr sowie Speicherverluste von ca. 20 % und setzt gewisse Einsparungen beim bisherigen Strombedarf an, **so ergibt sich in etwa eine Verdoppelung des Strombedarfs.**



1850 mittlere Oberflächentemperatur der Erde 2021

Schlussfolgerungen

Die Zahlen machen deutlich, dass für einen erfolgreichen Klimaschutz von einem deutlich steigenden Strombedarf auszugehen ist, der spätestens 2040 klimaneutral ausschließlich durch EE gedeckt werden muss. Mit den Ausbauzielen des EEG 2014 ist bis zum Jahr 2040 lediglich eine regenerative Stromerzeugung von rund $\frac{3}{4}$ des 2016 benötigten Stromes zu erwarten und damit keinesfalls die benötigte Verdoppelung.

Um einen erfolgreichen Klimaschutz ohne CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS), sowie ohne immense Wasserstoff- oder PtX-Importe zu realisieren, muss der EE-Ausbau deutlich gesteigert werden⁶. Folglich bedarf es einer dringenden und umfassenden Anhebung der Ausbaukorridore für Windkraft- und Photovoltaikanlagen.

Erzeugung	Jährlicher Ausbau in GW	Installierte Leistung 2040 in GW	Volllaststunden in h/a	Stromerzeugung 2040 in TWh ¹⁾
Photovoltaik	15,0 (netto)	415	950	394
Windkraft onshore	6,3 (netto)	199	2500	498
Windkraft offshore	2,9 (netto)	76	4500	343
Biomasse	1 (brutto)	20	2750	58
Wasserkraft	0,05 (netto)	7	3800	27
Summe	25,25	717		1320 (100 %)

1) durchschnittliche Anlagenlebensdauer 20 Jahre

Tabelle: Zubau EE zur Stromerzeugung aus (Quaschning s.o.)

Vergleicht man den für den Klimaschutz benötigten Ausbaupfad mit den seit 2014 unzureichenden Zielkorridoren im EEG, zeigt sich eine enorme Diskrepanz mit der Folge, dass der zukünftige Zubau umso schneller erfolgen muss.

Bewertung

Die Studie von QUASCHNING zeigt erstmals für Deutschland, dass und auf welche Weise bereits bis 2040 eine rasche und vollständige Dekarbonisierung der Energieversorgung möglich wäre, selbst wenn nicht optimale Szenarien zugrunde gelegt werden. Eine Verdopplung der Stromerzeugung ist im Hinblick auf die vorhandenen natürlichen, technischen, wirtschaftlichen und menschlichen Potenziale – bei entsprechendem Willen leistbar.

Eine rasche Transformation unseres Energiesystems in eine CO₂-freie Zukunft bis 2040 erfordert ferner u.a.:

- eine deutliche Umstellung auf Effizienztechniken
- einen raschen Ausbau der gasförmigen (PtG) und flüssigen (PtL) Speichertechnologien
- einen konsequenten Ausstieg aus den fossilen Energietechniken

Eine Energiewende im Verkehrssektor ist nur machbar, wenn der immense Energiebedarf möglichst energieeffizient abgewickelt wird. Dies ist nur über Elektromobilität mit EE-Strom per Batterie (oder ggf. per Oberleitungen) möglich. (Eine Reduktion des Mobilitätsbedarfs sowie mehr ÖPNV und Radverkehr erleichtern die Aufgabe.)

Der Umweg über Wasserstoff, PtG oder PtL ist nur in Sonderfällen notwendig und möglich. Weitere Lösungen, um den Energiebedarf für Mobilität stark zu reduzieren, sind im Kapitel 14 „Energieeinsparung“ beschrieben.

Am Ende läuft die Energiewende also vor allem auf eine Stromwende hinaus. Zum einen da (fast) alle EE Strom erzeugen und zum anderen da, wie in den vorigen Absätzen erläutert, der Strom den Energiebedarf in der Regel sowohl im Wärme- als auch im Verkehrssektor am effektivsten bereitstellen kann.

Energiewende = bezahlbare Energiepreise in Zukunft

Im Jahr 2021 sind die Spotmarktpreise für Strom an der Leipziger Strombörse massiv von ca. 5 Ct/kWh am Anfang des Jahres auf über 17 Ct/kWh gegen Ende des Jahres angestiegen. Alle Verbraucher und Unternehmen, die schon heute einen großen Teil ihres Energiebedarfes mit EE decken, konnten diesen weiterhin kostengünstig produzieren und nutzen.

Die EE sind unsere einzige Chance auf dauerhaft stabile und bezahlbare Energiepreise. **Die Energiewende trägt entscheidend dazu bei, künftige Energiepreis- und Wirtschaftskrisen zu vermeiden und ist noch dazu ein Jobmotor.**

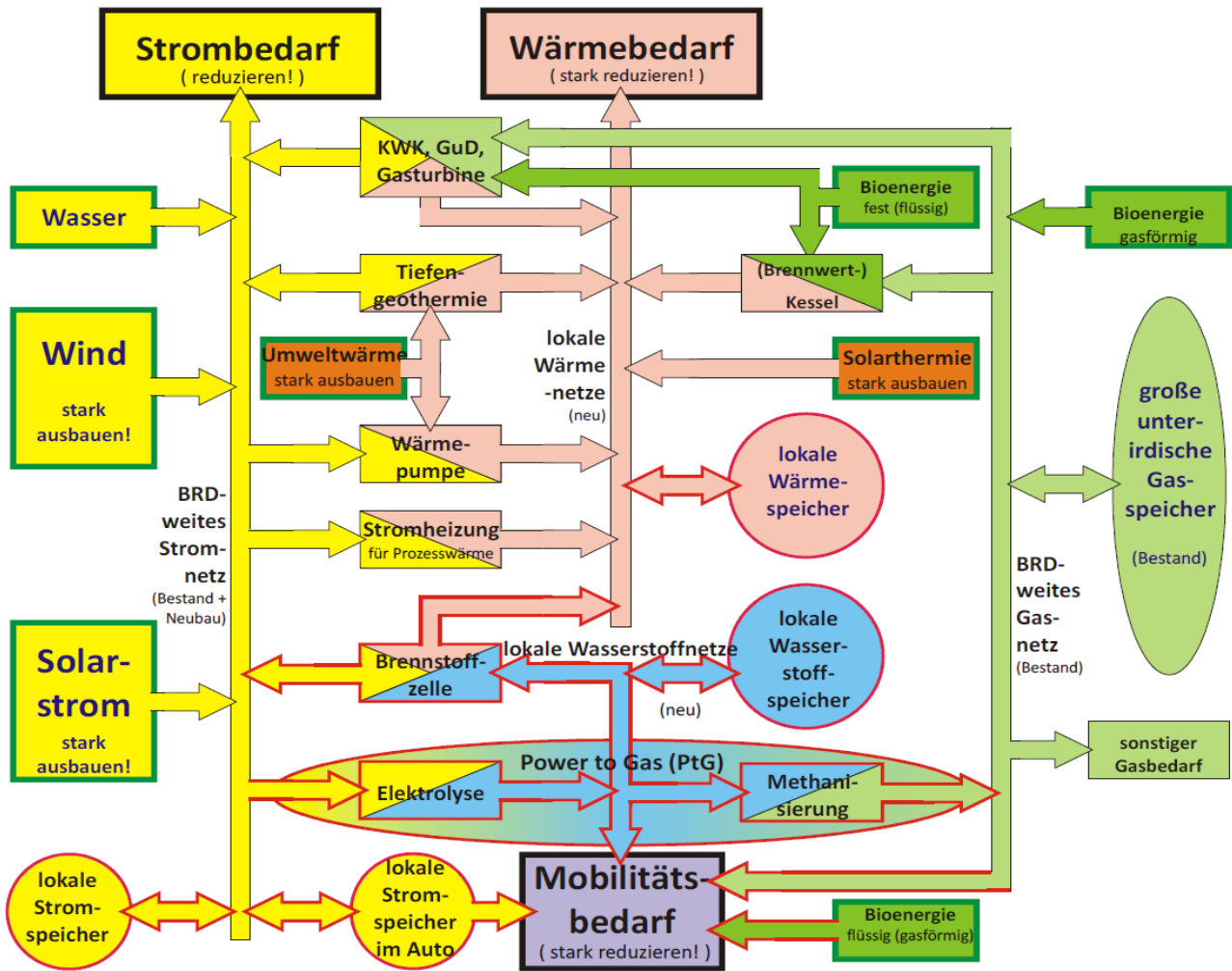
Wie sieht das künftige Gesamtenergiesystem aus?

Die bisherigen getrennten Energieträger Strom, Wärme, Gas und künftig auch Wasserstoff (s. Grafik rechts) werden zukünftig vielfältig miteinander vernetzt sein. Diverse Erzeuger speisen jeweils Energie in Netze und Speicher, um den Strom-, Wärme- und Mobilitätsbedarf zu decken. Der wichtigste und gleichzeitig flexibelste Energieträger ist Strom, da dieser direkt und auch indirekt für Wärme und Mobilität sorgt, aber auch in Form von Gas gespeichert und bei Bedarf „rückverstromt“ werden kann.

Die Grafik auf der rechten Seite bildet die zentralen, bestehenden Energieübertragungssysteme Stromnetz (links) und Gasnetz (rechts) mit Speicher ab. In der Mitte sind die lokalen Wärmenetze, die zum Teil schon bestehen, und die lokalen Wasserstoffnetze gezeichnet, die noch geschaffen werden müssen. Zusätzlich werden noch große Speicher für Strom, Wasserstoff und vor allem (Langzeit-) Wärme benötigt, um die dezentral entstehenden, z.T. großen Stromüberschüsse aus den fluktuierenden EE zu speichern.

Ganz besonders sei darauf hingewiesen, dass die bei den weniger werdenden Umwandlungsprozessen entstehende Abwärme zu nutzen ist. Ansonsten wird der Bedarf an EE-Erzeugung unnötigerweise noch größer.

⁶ PtX: Power to X (X steht für Gas oder Liquid)



Grafik: Gesamt-Energiesystem mit 100 % EE mit den Energienetzen Strom (gelb), Wärme (rot), Gas (hellgrün) und Wasserstoff (blau), Henze

Die Stromspeicher sind aufgeteilt in stationäre und mobile“ Speicher in Fahrzeugen. Dabei werden die direkten Stromspeicher als kurzfristige (Tag-/Nachtausgleich), die Wasserstoffspeicher als mittelfristige und die bestehenden Gasspeicher in Erdkavernen des heutigen Gasnetzes als langfristige Gasspeicher (Saisonausgleich) und zur langfristigen Vorhaltung von „Reserve-strom“ genutzt. Diese Aufteilung der Speicher ergibt sich aus den Kosten, den Speichergrößen und den Wirkungsgraden der Speicher.

Um Stromüberschüsse auch in den riesigen bestehenden Gasspeichern speichern zu können, ist der Übergang vom Strom- zum Gasnetz mit Hilfe von PtG extrem wichtig. Hier stehen mittlerweile die ersten Anlagen und produzieren aus Wasser, Strom und Kohlendioxid Methan. Aus dem Überschussstrom kann aber auch flüssiges Methanol (PtL) hergestellt werden, das in Brennstoffzellen oder Verbrennungsmotoren zum Einsatz kommen kann (nicht abgebildet).

Alle rot umrandeten Elemente sind neu im derzeitigen Energiesystem und müssen größtenteils noch geschaffen werden. **Alle einspeisenden EE sind grün umrandet.**

Einsparung nicht zwingend, aber äußerst hilfreich

Grundsätzlich steht uns mehr als genug Energie zur Verfügung, da z.B. alleine auf die Landfläche der Erde rund 2700-mal mehr Sonnenenergie trifft, als die ganze Welt derzeit verbraucht. Eine Reduzierung des Verbrauchs vereinfacht, verbilligt und beschleunigt die Energiewende jedoch erheblich (s. Kapitel 15) und ist im Hinblick auf die zeitlich kurzfristig angestrebte Energiewende und THG-Neutralität äußerst hilfreich.

Energiewende geht nur mit Sonne und Wind!

Nur Sonne und Wind stehen uns in wirklich großen Mengen zur Verfügung. Wasserkraft, Biomasse und Geothermie sind dagegen sehr begrenzt und können nur einen kleinen – aber wichtigen, die fluktuierenden EE Wind und Sonne ausgleichenden – Anteil vom heutigen Stromverbrauch abdecken.



Impressum

Auszug aus:

Strom aus Erneuerbaren Energien im Landkreis Freising 2022

Herausgeber:

Landratsamt Freising

Landshuter Str. 31, 85356 Freising

www.kreis-freising.de, presse@kreis-fs.de

Redaktion:

Andreas Henze, Sonnenkraft Freising e.V.

Raimund Becher, Solarfreunde Moosburg e.V.

Quelle Grafiken Cover:

Landratsamt Freising

Pixabay, Markus Distelrath

Freepik

Quelle Grafik Wärmestreifen

Ed Hawkins, Climate Lab Book