

ZEIT FÜR DIE RÜCKGABE DES FEUERS!

PLÄDOYER FÜR EINEN SYSTEMWECHSEL BEI WÄRME UND VERKEHR, TEIL 2

Im ersten Teil des Artikels wurden Argumente dafür vorgelegt, die Umstellung der Wärmeversorgung von Gebäuden und anderer geeigneter Sektoren nun zügig auf Strom als Endenergie in Verbindung mit Wärmepumpen und Niedertemperaturheizungen vorzunehmen, statt an traditionellen, feuerbasierten Kesseln und Öfen festzuhalten. Damit soll endlich eine stärkere Marktdurchdringung Erneuerbarer Energien im Wärmesektor ermöglicht werden. Eine politisch häufig präsentierte Alternative will sich hingegen auf den Import von synthetischem Wasserstoff und seinen Derivaten verlassen, die weiterhin über die vorhandenen Netze und Technologien der fossilen Energien vertrieben und genutzt werden. Damit kann zwar den Widerständen und Herausforderungen der Energiewende vor Ort ausgewichen werden, doch ginge dann der Hauptvor-

teil einer konsequenten Elektrifizierung auf Basis lokaler Wind- und Solarerzeugung verloren: die höhere Effizienz. Im zweiten Teil wird es nun darum gehen, einige konkrete Bedenken näher zu betrachten, die oft noch gegen eine solche Umstellung auf erneuerbaren Strom als dominantem Endenergieträger ins Feld geführt werden.

Mit der Forderung nach einer konsequenten Elektrifizierung beim Endnutzer wird nicht die Notwendigkeit bestritten, Technologien zu entwickeln, synthetische Brennstoffe als chemischen Rohstoff und als Möglichkeit zur Zwischenspeicherung von Energie herzustellen und einzusetzen. Synthetische Brennstoffe sind unverzichtbar, um das wetterbedingt schwankende Stromangebot von Sonne und Wind zeitlich und räumlich ausgleichen zu können und um Prozesse

in Industrie und Luftfahrt, die mit heutigen technischen Mitteln nicht sinnvoll elektrifiziert werden können, erneuerbar betreiben zu können. Die Umwandlung eines Teils des erzeugten erneuerbaren Stroms in langzeitspeicherbare chemische Energieträger ist daher für die Umstellung der Energieversorgung auf eine erneuerbare Energieversorgung unverzichtbar und es ist sicher richtig, dass Deutschland dazu beiträgt, die notwendigen Strukturen national und international aufzubauen. Dies ist ein ehrgeiziger, aber technologisch machbarer Umbau, der viele Aspekte der heutigen Energiewirtschaft betrifft.

Der Bedarf an synthetischen Brennstoffen und mittelbar der Bedarf an Solar- und Windstromleistung muss jedoch so gering wie möglich gehalten werden, um die Energieversorgung im ausreichenden Maße zu defossilisieren und gleichzeitig

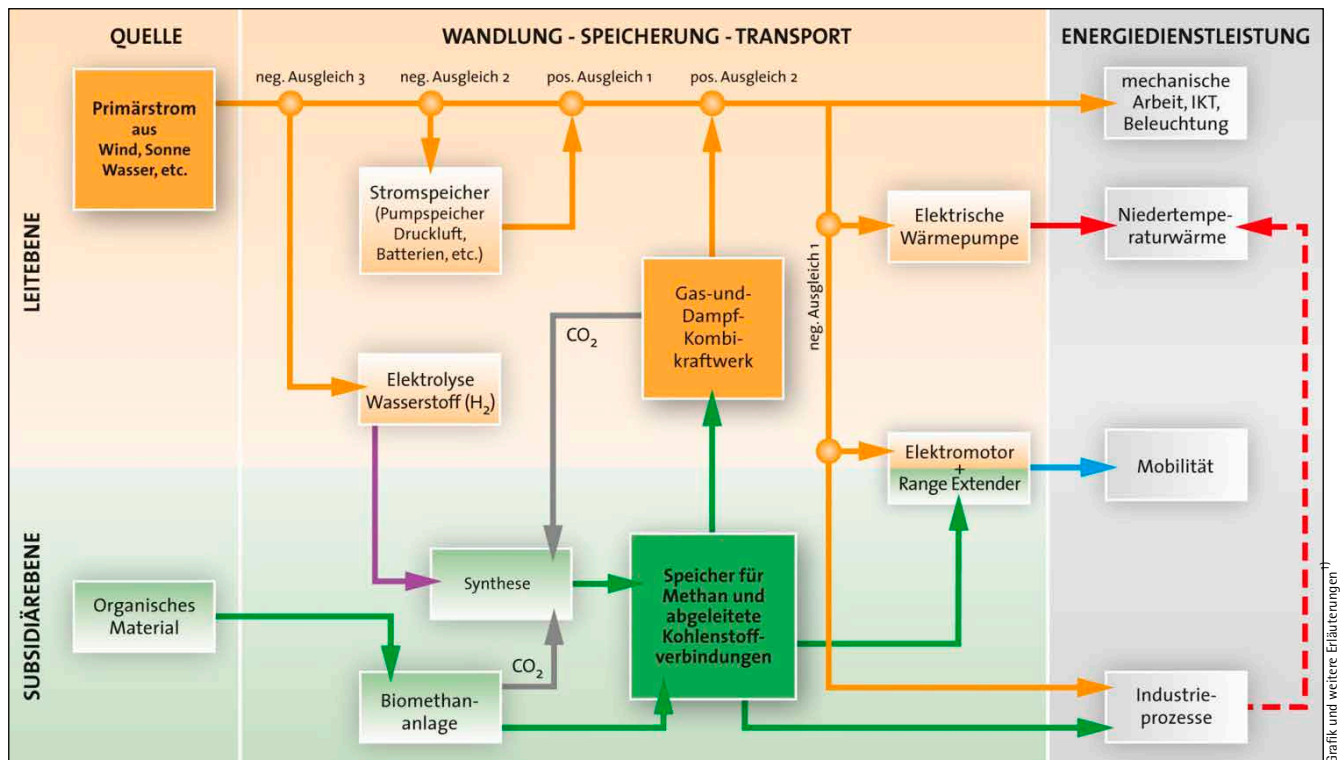


Bild 1: Schema eines auf 100% Erneuerbaren Energien aufgebauten Versorgungssystems basierend auf Wind- und Solarstrom als wesentlicher Versorgungsquelle (Leitebene). Eine nachgelagerte Subsidiärebene wird gespeist von solaren Brennstoffen und einer Verwertung organischer Reststoffe. Diese Ebene dient im Wesentlichen der Zwischenspeicherung von Energie, der Bereitstellung chemischer Rohstoffe und der Versorgung von Hochtemperaturprozessen.

die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Die Rolle dieser Brennstoffe muss sich daher auf eine unterstützende Funktion des zukünftig von Strom aus Wind und Sonne getragenen Energieversorgungssystems beschränken (Bild 1). Das Rückgrat und die sogenannte Leitebene bildet das Stromnetz (gelb), das aus brennstofffrei gewonnenem Strom gespeist wird. Erneuerbare Brennstoffe, wie Methan, Methanol etc. mit Wasserstoff als Ausgangsbasis bieten auf der Subsidiärebene (grün) Unterstützung. Zahlreiche Verknüpfungen der beiden Ebenen garantieren die gewohnte Versorgungssicherheit.

Massiver Ausbau der Stromnutzung zur Wärmezeugung: Ist der richtige Zeitpunkt gekommen?

Der Wechsel von heute drei Energieträgern – Strom, gasförmige und flüssige Energieträger – auf im Wesentlichen einen überregionalen Hauptenergieträger, nämlich auf Strom, der zunehmend aus Solar- und Windenergie gewonnen wird, ist die entscheidende Weichenstellung, vor der die Energiewende derzeit steht. Deutschland und große Teile Europas leisten sich den Luxus dreier unterschiedlicher Energieverteilungssysteme – Strom, Gas und Fernwärme. Diese Energienetze werden nicht selten parallel betrieben, was in den seltensten Fällen aus Sorge vor Monopolstellungen geschieht. Auch die häufig geforderte Technologieoffenheit führt meist zu keinem nachweislichen Gewinn an Wettbewerbsfähigkeit, mit Sicherheit jedoch zu einem Aufschieben politischer Entscheidungen. Angesichts des neuen Angebots an erneuerbarem Strom, der bereits heute wettbewerbsfähig ist, und der Dringlichkeit zur CO₂-Reduktion, wäre es nun an der Zeit, sich auf den Ausbau des Stromnetzes zu konzentrieren und ihn damit zu beschleunigen.

Neben technischen und finanziellen Hürden sind für eine derartige Konzentration auf das Stromnetz auch historisch bedingte Gegenargumente und Ressentiments zu überwinden. Strom ist die hochwertigste Energiequelle, die zu 100 % als Antriebsenergie (Exergie) genutzt werden könnte, die jedoch in der Vergangenheit mit einigen Nebenwirkungen verbunden war und teilweise immer noch ist. Die verlustbehaftete Elektrizitätserzeugung aus fossilen und nuklearen Brennstoffen bedingt zahlreiche Umweltschäden und Katastrophenrisiken. Diese Bedenken gegen Strom als Hauptenergieträger würden sich hingegen weitgehend in Luft auflösen, wäre die Stromerzeugung bereits zu 100% und nicht erst zu 40% erneuerbar. Die Umstellung auf eine

Stromerzeugung komplett aus erneuerbaren Quellen, in erster Linie Wind- und Solarstrom, ist jedoch in vollem Gang. In Folge dessen ist im Laufe der letzten 10 Jahre der spezifische CO₂-Ausstoß im deutschen Kraftwerksmix kontinuierlich gesunken. Die Umstellung weiterer Sektoren – insbesondere Wärme und Verkehr – auf elektrische Lösungen wird deshalb in letzter Zeit von vielen Akteuren neu durchdacht, auch solchen, die den klassischen Energieversorgern eher fern stehen²⁾. Wenn nun inmitten dieses tiefgreifenden Wandels der Energieversorgung darüber entschieden werden soll, ob der richtige Zeitpunkt für die Elektrifizierung der Wärmeversorgung gekommen ist, müssen zumindest folgende beiden Fragen beantwortet werden:

1. Führt die Umstellung der Wärmeversorgung von Gas und Öl auf Strom auf Basis der heutigen Stromerzeugung zu nennenswerten Einsparungen an CO₂?
2. Führt die zusätzliche Stromnachfrage aus dem Wärmebereich zu Anreizen, den Anteil der erneuerbaren Erzeugungskapazitäten zu steigern?

Der Frage 1 soll in Tabelle 1 nachgegangen werden. Basis der Daten sind die Auswertungen des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) in Darmstadt³⁾. Im linken Teil dieser Tabelle sind die spezifischen Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente: CO₂e) für Strom, Erdgas und leichtes Heizöl aufgelistet. Aufgrund ihres unterschiedlichen Exergiegehaltes sind diese Werte jedoch nicht direkt vergleichbar. Für Anwendungen im Wärmebereich werden sie deshalb in einer weiteren Spalte auf den Energiegehalt von Niedertemperaturwärme transformiert. Diese Umrechnung erfordert im Falle von Strom als Antriebsquelle die Annahme einer Arbeitszahl für die Wärmepumpe, dem Quotienten aus Wärmeabgabe und Stromeinsatz. In der gebauten Praxis hängen die Arbeitszahlen von Ausführungsdetails der Wärmeverteilung, der

Wärmedämmung und der Architektur des Gebäudes ab. Um dennoch hier einige prinzipielle Überlegungen anzustellen, ziehen wir Mittelwerte einer repräsentativen Auswahl von Wärmepumpensystemen im Gebäudebestand zu Rate, die vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ermittelt wurden⁴⁾. Wie der Vergleich auf Basis dieser Annahmen dann zeigt, liegt der spezifische Ausstoß an CO₂-Emissionsäquivalenten einer typischen Wärmepumpenheizung mit derzeit 136 bis 161 g/kWh nur bei etwa 60% des Niveaus eines typischen Gasbrennwertkessels. Somit kann bereits bei heutiger Zusammensetzung des Kraftwerksparks eine signifikante CO₂-Einsparung durch Umstellung der Wärmeversorgung auf elektrische Wärmepumpen erzielt werden.

Noch nicht berücksichtigt ist, dass nach aktuellen Untersuchungen unter Einbeziehung von Erdgas aus unkonventionellen Quellen dessen Emissionswerte deutlich nach oben korrigiert werden müssten⁵⁾. Diese würde die Vorteile der elektrischen Lösung weiter verstärken.

Da es sich bei den hier aufgeführten spezifischen Emissionswerten um Jahresmittelwerte handelt, könnte man einwenden, dass sich diese Faktoren während der Heizsaison nennenswert verschlechtern und dann zu gegenteiligen Schlussfolgerungen führen würden. Dieser Einwand basiert auf dem primär naheliegenden Argument, dass der Solaranteil im Kraftwerksmix während der Wintermonate abfällt.

Um die Stichtaugkeit eines solchen Gegenarguments zu überprüfen, werden in folgender Bild 2 die spezifischen CO₂-Emissionen (hier nicht die CO₂-Äquivalente) aus dem deutschen Kraftwerkspark im meteorologischen Winter 2019/2020, also vom 1. Dezember 2019 bis zum 29. Februar 2020 dargestellt. Wie zu erwarten korrelieren die CO₂-Emissionen negativ mit dem Anteil von Solar- und Windstrom an der Stromerzeugung, insgesamt steigt die Emission aufgrund des Windenergiebeitrags jedoch niemals über 600g CO₂ pro kWh. Selbst unter diesen worst-case-Bedingungen müsste die

Energieträger	CO ₂ e [g/kWh]	CO ₂ e [g/kWh _{Wärme}]	Bemerkungen
Strom	502	136-161	Wärmepumpe mit Arbeitszahl von 3.1-3.7 (beispielhaft) (Werte aus 2018, in 2019 ca. 10-15% niedriger)
Erdgas	241 (- 400*)	268 (-444*)	90% Wirkungsgrad *einschl. CH ₄ Leckagen
Heizöl	306	340	90% Wirkungsgrad

Fußnoten [3-5]

Tabelle 1: CO₂e für Strom (Jahresbilanz), Gas (bisherige / neue Quellen) und Heizöl. Ab einer Arbeitszahl von ca. 2 führt beim derzeitigen Kraftwerksmix die Wärmepumpe zu Nettoeinsparungen an Treibhausgasen.

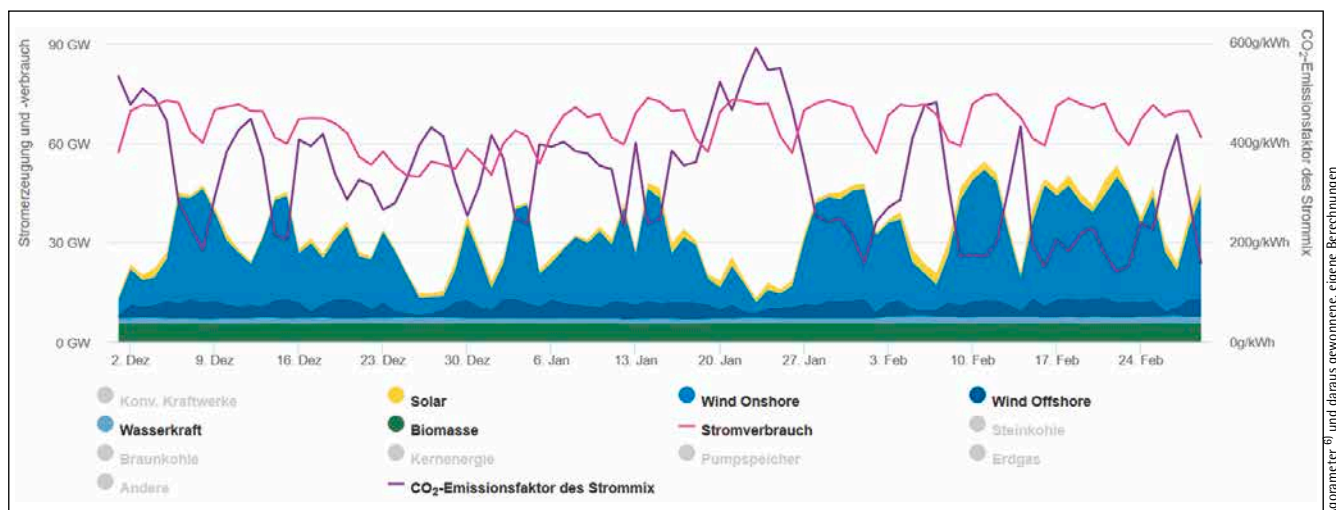


Bild 2: Die zeitlich aufgelöste Darstellung des spezifischen CO₂-Ausstoßes des deutschen Kraftwerkparkes im meteorologischen Winter 2019/2020 zeigt eine Streubreite zwischen 139 und 591 g/kWh, bei einem Mittelwert von ca. 330 g/kWh

Arbeitszahl der Wärmepumpe folglich unter 2,5 fallen, um höhere CO₂-Emissionen als ein Gasbrennwertkessel zu verursachen. Im Unterschied dazu lagen an einigen Tagen die Emissionswerte im Tagesmittel sogar unterhalb von 200 g CO₂ pro kWh, mit einem Minimalwert von 139 g CO₂ pro kWh. Beim derzeit vorliegenden Verhältnis von installierter Wind- zu Solarleistung wird der fallende Solaranteil durch den höheren Windstromanteil in der kalten Jahreshälfte weitgehend aufgewogen. Darüber hinaus sind verstärkt mit Gas befeuerte Mittellastkraftwerke statt der Steinkohlekraftwerke am Strommarkt zum Zuge gekommen, da die Gaspreise im vergangenen Jahr gesunken, gleichzeitig die Preise für CO₂-Zertifikate gestiegen sind. Ein höherer Anteil der Steinkohle hätte auf Grund des kohlenstoffreichen Brennstoffes und niedrigerer Wirkungsgrade höhere Emissionen verursacht.

Insgesamt ist klar erkennbar, dass der Strommix im Winter keineswegs „dreckiger“ als im Sommer ist. Im Winter 2018/2019 und erst recht insbesondere im zurückliegenden Winter 2019/2020 verhielt es sich sogar umgekehrt.

Der durchschnittliche CO₂-Emissionsfaktor der Stromerzeugung lag in diesen drei Monaten bei etwa 330 g/kWh. Elektrische Wärmepumpen hätten somit im Winter 2019/2020 bereits mit moderaten Arbeitszahlen, wie sie auch im Gebäudebestand erreicht werden, etwa 2/3 der Emissionen gegenüber Gas- oder Ölheizungen einsparen können. Natürlich wird es auch wieder windarme Winter geben, dennoch zeigt der Winter 2019/2020 eindrücklich die Dekarbonisierungspotenziale durch Elektrifizierung der Wärmeversorgung, zumal durch „stürmische Milde“ geprägte Heizperioden nach den Prognosen der Klimaforschung in

Zukunft durchaus häufiger zu erwarten sind. Der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung aus Sonne und Wind in Verbindung mit der Elektrifizierung der Wärmeversorgung und der Individualmobilität, um die zusätzlichen Stromangebote auch nutzen zu können, kann erkennbar schon kurzfristig wirksam zum Klimaschutz beitragen.

Gefährdet der zusätzliche Strombedarf den Kohleausstieg?

Eine häufig geäußerte Sorge betrifft eine mögliche Verzögerung des Kohleausstiegs aufgrund weiter steigender Stromnachfrage aus den Sektoren Wärme und Verkehr. Da die Stromerzeugung im Unterschied zu Gas- und Heizöl jedoch europaweit dem Emissionshandel unterliegt, ist die verfügbare Menge an CO₂-Zertifikaten gedeckelt. Dieser Deckel wird bisher mit einem linearen Reduktionsfaktor von 1,74 % (ab 2021 um 2,2%) jährlich gesenkt. Steigender Strombedarf müsste also von zusätzlichen CO₂-armen Kraftwerken gedeckt werden und würde somit den Ausbau der erneuerbaren Energien vorantreiben. Eine Elektrifizierung der Wärmeversorgung liefert damit einen sich selbst verstärkenden Impuls zur Senkung der CO₂-Emissionen, da sie über die gesteigerte Nachfrage den Ausbau Erneuerbarer Energien zwangsweise nach sich zieht.

Es ist Zeit für den Systemwechsel

Erneuerbare Energien waren im Verkehrsbereich bisher auf kleine Mengen an Ökostrom im Schienensektor und kleine Zusätze von Bioethanol im Benzin beschränkt. Im Wärmesektor war der Beitrag der Erneuerbaren ähnlich bescheiden. Additive, solare Warmwassererzeugung diente nicht selten als Feigenblatt, hinter dem sich weiterhin traditionelle

feuerbeheizte Öfen versteckten. Mit dem aufgezeigten alternativen Pfad der Elektrifizierung des gesamten Wärme- und Verkehrssektors über größtenteils lokale Solar- und Windstromquellen wäre nun aber endlich das Tor aufgestoßen zu einer wirklichen Energiewende und einer klimaverträglichen Energieversorgung.

Fußnoten

- 1) Rollentausch. Strom und Brennstoffe im regenerativen Energieversorgungssystem. Lüking/Günther, 2014, BWK. Das Energie-Fachmagazin 66, Nr. 6: S. 27-31
- 2) Ist Strom (noch) böse? Krick, 2016, Passivhaus Institut
- 3) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050; IINAS
- 4) www.wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-smart-im-bestand/german/index/index.html
- 5) www.energywatchgroup.org/studies-natural-gas
- 6) www.agora-energiewende.de/service

ZU DEN AUTOREN:

► **Dr. Rolf-Michael Lüking**
Freiberufl. Wissenschaftler und Energieberater, ehemals Fraunhofer IBP
lueking@waermewende.net

► **Dr. Franz Karg**
Physiker und Technologie Manager eines PV-Herstellers

franz-karg@web.de