

Notwendige Schritte für die Energiewende

Die Speicherproblematik wird vielfach und nicht zu Unrecht als zentrales Problem der Energiewende gesehen. Wir zeigen, dass die Lösung nicht allein in zukünftigen neuen Technologien liegt. Vielmehr muss das Energiesystem als Ganzes betrachtet werden, insbesondere zusammen mit den beiden anderen Mega-Problemen Raumheizung und Effizienz der Stromerzeugung. Es wird vorgerechnet, dass die Speicherproblematik relativ kurzfristig gelöst werden kann, indem man die beiden Mega-Probleme koppelt: Gebäude mit hohem Wärmebedarf sollten mit Blockheizkraftwerken (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK) beheizt werden.

Die Energieversorgung und damit auch die Energiewende ist ein komplexes Problem nicht nur in technologischer, sondern auch in wirtschaftlicher und rechtlicher Hinsicht. Diese Komplexität gepaart mit wirtschaftlichen Interessen und politischen/ideologischen Überzeugungen hatte/hat immer wieder zur Folge, dass Entscheidungen getroffen wurden und werden, die den objektiven Notwendigkeiten zuwider laufen. Angesichts eines Branchen-Umsatzes von über 200 Mrd € allein in der Stromwirtschaft kann dies kaum überraschen.¹

Kleingeld und die großen Scheine Eine Auseinandersetzung, die frei von sachfremden Faktoren ist, muss mit der Beschäftigung mit den Eckdaten der Energieversorgung beginnen. Es gilt zu unterscheiden zwischen weniger wichtigen, wichtigen und wirklich wichtigen Problemen. Gemessen wird die Wichtigkeit am Primärenergieverbrauch Deutschlands, das sind 4 000 Mrd kWh.²

Unter Primärenergie versteht man die Rohenergie wie wir sie der Natur entnehmen, gleich ob in Form von Uran oder Wind. Für die Bedürfnisse des Verbrauchers, sei es sein Autobenzintank, seine Gastherme oder seine heimische Steckdose, muss die Primärenergie mehr oder weniger aufwendig in die sogenannte Endenergie umgewandelt werden. Endenergie ist also die Energie, die uns an der Tankstelle, mit der Stromrechnung oder sonstwie in Rechnung gestellt wird.

Zurück zur Frage nach den kleinen, mittleren und großen Problemen: 40% des Primärenergiebedarfs Deutschlands, also 1 600 Mrd kWh wird für die Raumheizung verwendet,

¹ Die hier zitierten Zahlen sind auf dem Stand von ca. 2015. Seither ist der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion erheblich gestiegen. An dieser Analyse ändert das jedoch wenig.

² Der Experte mag lieber von 4.000 Terawattstunden (TWh) sprechen, wir bevorzugen Milliarden kWh als Einheit: So wie für den Gehaltszettel des Mannes auf der Straße 1 € und für seine Stromrechnung 1 kWh die gewöhnlichen Einheiten sind, sprechen wir beim Bundeshaushalt in Einheiten von Mrd € und für die Stromwirtschaft eben von Mrd kWh.

zumeist, nämlich 1 200 Mrd kWh, von Privatverbrauchern. Interessant dabei, dass sich theoretisch wenigstens 80% (1 300 Mrd kWh) dieses Energieverbrauchs einsparen ließe, wenn alle Häuser nach dem Stand der Technik erbaut bzw. saniert wären. Die Raumheizung, insbesondere ihre Effizienz, gehört also sicher nicht zum Kleingeld, sie ist der größte Schein.

Der zweite große Schein im Portfolio ist die Elektrizitätserzeugung, obwohl sie am Endenergieverbrauch nur einen Anteil von 15% hat. Die Umwandlung von Primärenergie (Kohle, Gas, Sonne, Wind, ...) in die Endenergie Strom ist jedoch aufwändig und verlustreich, also teuer: Um die 15% Endenergie-Anteil zu produzieren muss 30% (1 200 Mrd kWh) der insgesamt „verbrauchten“ Primärenergie eingesetzt werden; d.h. umgekehrt, dass 50% der Primärenergie (600 Mrd kWh) als Abwärme verloren gehen.

Heizung und Stromerzeugung sind also für 70% des (Primär-)Energieverbrauchs verantwortlich. Der Rest? Kleingeld! (abgesehen vom Verkehr).³ Zum Beispiel die Beleuchtung, über die wegen des verordneten Aus' für die Glühbirne so leidenschaftlich diskutiert wurde: Ihr Anteil am Primärenergieverbrauch beträgt 5%. Genauso verhält es sich mit dem Energieverbrauch durch ineffiziente Standby-Schaltungen. Nicht dass solche unnötigen Ineffizienzen akzeptabel wären – nachdem sie der Markt nicht beseitigt, gibt es allen Grund für den Gesetzgeber das zu tun –, aber ihre hingebungsvolle Diskussionen lenkt nur vom eigentlichen Problem ab, den großen Scheinen.

Die großen Scheine der Erneuerbaren Es gibt eine Unzahl von Möglichkeiten, Energie regenerativ zu erzeugen, aber es gibt nur drei im globalen Maßstab bedeutende: Wind, direkte Sonneneinstrahlung und Bioenergie. Tatsächlich wäre prinzipiell jede dieser drei Energieformen alleine in der Lage, den Weltenergiebedarf vielfach zu decken, während alle anderen Optionen bestenfalls lokal von Bedeutung sind. Bioenergie wollen wir hier außen vor lassen.⁴ Die damit verbundenen Fragen sind in der Regel hochkomplex und allgemeingültige Aussagen schwierig. Eine Bemerkung erlauben wir uns: Wenn, dann sollte Bioenergie vorzugsweise dort eingesetzt werden, wo Energieträger mit hoher Energiedichte gebraucht werden, also im Verkehrssektor oder seine Speicherfähigkeit genutzt werden soll.

Täuschen wir uns also nicht selbst: Zu Photovoltaik und Windenergie gibt es keine Alternative – ungeachtet ihres größten Nachteils, ihrer Unstetigkeit. Das bedeutet, dass der weitere Ausbau von Photovoltaik und Windenergie vorangetrieben werden muss. Die auch von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vorgebrachte Behauptung, dass alle attraktiven Windstandorte an Land belegt wären, ist schlicht falsch. Richtig ist vielmehr, dass die Windleistung mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit steigt und daher viele in der Vergangenheit unwirtschaftliche Standorte schon mit moderat höheren neuen Anlagen den Sprung in die Wirtschaftlichkeit schaffen.

³ Der Löwenanteil des restlichen 30% geht tatsächlich auf das Konto des Verkehrssektors. Dessen Analyse wäre ein eigenes und von der hier behandelten Problematik (derzeit noch) weitgehend unabhängiges Thema.

⁴ Wir machen nur auf zwei sicherlich weitgehend unbedenkliche Bioenergieträger aufmerksam: Methan-erzeugung aus Bioabfällen (ca. 10 Mrd kWh pro Jahr) und Brennholz (ca. 130 Mrd kWh pro Jahr).

Es kann auch kein Zweifel bestehen, dass der Ausbau regenerativer Energien mit einem Ausbau der Stromnetze einhergehen muss – aus zwei Gründen: Erstens wird regenerativer Strom in der Regel nicht dort produziert wo er gebraucht wird, Windkraft im Meer oder Sonnenenergie im Süden oder gar in der Wüste.⁵ Zweitens kann die Unstetigkeit der Stromerzeugung dadurch geglättet werden, dass man große Gebiete vernetzt.

Richtig ist allerdings auch, dass dafür Akzeptanz erarbeitet werden muss. Nicht nur mit Aufklärung und guten Argumenten, sondern auch mit finanziellem Ausgleich: Es kann nicht sein, dass die einen die Windräder und Hochspannungsleitungen vor der Haustüre stehen haben, vom Ertrag aber nur andere etwas sehen. Immerhin gehen bei Windkraftanlagen inzwischen 70% der Gewerbesteuererinnahmen an die Standortgemeinde.⁶ Bei Hochspannungsleitungen gibt es noch keine vergleichbare Regelung. Für Erdkabel stehen dagegen Unsummen zur Verfügung.

No Nonsense: Ganz ohne Physik geht es nicht Zurück zu den althergebrachten beiden Mega-Problemen unseres Energiesystems: Was kann getan werden, um die Ineffizienzen unserer Gebäude (1 300 Mrd kWh) und der Elektrizitätserzeugung (600 Mrd kWh) zu beseitigen. Die deprimierende Antwort scheint zu lauten „kurzfristig wenig“. Bei den Gebäuden hat das vornehmlich wirtschaftliche Gründe. Von bautechnischer Seite ist es kein Problem, den weit überwiegenden Teil der Gebäude auf einen Stand zu bringen, der zumindest der Energie-Einspar-Verordnung (EnEV) von 2004 entspricht und es besteht auch kein Zweifel daran, dass dies so schnell wie verträglich geschehen muss. Ebenso wenig Zweifel besteht allerdings daran, dass die Zeiträume, die dafür zu veranschlagen sind, nicht in Jahren, sondern in Jahrzehnten, wenn nicht Generationen zu messen sind. Abgesehen von der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Hausbesitzer hat die Bauindustrie gar nicht die Kapazitäten, diese Aufgaben mit Kosten von vermutlich weit über 1 000 Mrd € zu bewältigen. Der Häuserbestand, der von vielen Generationen erbaut wurde, kann nicht von einer Generation alleine grundlegend saniert werden. Keine Illusionen, no nonsense, also zunächst einmal in wirtschaftlicher Hinsicht!

Immer noch sehr viel Kapital, wenn auch sehr viel weniger als in den Gebäuden insgesamt, steckt im Kraftwerkspark der Republik. Gleichwohl sind keine wesentlichen⁷ Effizienzsteigerungen dadurch zu erwarten, dass man alte Kraftwerke durch neue, effizientere ersetzen würde. Kraftwerke, die aus einer gegebenen Menge Primärenergie wesentlich mehr („effizienter“) elektrische Energie erzeugen könnten als dies derzeit möglich ist, sind aus grundlegenden physikalischen Prinzipien unmöglich. Um das zu verstehen, muss man sich wenigstens oberflächlich mit der Physik beschäftigen.

Es war ein Arzt, Robert Julius Mayer, später v. Mayer, der die Energieerhaltung entdeckt hat, eine Leistung die ihm nicht alle Physiker gegönnt haben. Energie kann nicht erzeugt

⁵ Dass neue Stromtrassen mit der Windenergie begründet, aber heute z.T. für Kohlestrom genutzt werden, steht dazu nicht im Widerspruch!

⁶ Dass diese erst nach typischerweise 10 Jahren fließen, sollte auch Windkraftbetreibern, die über Akzeptanzprobleme klagen, zu denken geben.

⁷ Als „wesentlich“ werden hier nur Fakten angesehen, die die nachfolgende Rechnung grundlegend verändern können.

werden, es können lediglich die verschiedenen Energieformen ineinander umgewandelt werden. Bewegungsenergie in elektrische Energie, elektrische Energie in Wärme, Wärme in Bewegungsenergie, chemische Energie in Wärme usw. – salopp gesprochen: alle Formen der Energie sind gleich. Alle sind gleich – aber manche sind gleicher! Das kommt auch in der Physik vor; konkret ist die Wärme, frei nach Orwell, nicht „ganz so gleich“ wie die anderen Formen der Energie. Was wir mit der absurden Formulierung meinen ist, dass man zwar mechanische oder elektrische Energie vollständig, mit 100% Effizienz sozusagen, in Wärme umwandeln kann, nicht jedoch umgekehrt. Je nachdem wie heiß der Dampf im Kraftwerk ist, können nur 30 bis 70% der kWh, die an Wärmeenergie im Dampf stecken, in Bewegungsenergie umgewandelt werden. Letztere kann so gut wie vollständig in elektrische Energie umgewandelt werden, die wieder so gut wie vollständig in Bewegungsenergie und, wie gesagt, auch vollständig in Wärme – aber Wärme eben nicht annähernd vollständig in die anderen Energieformen: Energie in Form von Wärme ist nicht so viel wert wie Energie in Form von z.B. Elektrizität! Grob gemittelt gehen im Kraftwerk 50% verloren, wie bereits eingangs bemerkt. Die anderen 50% werden als Abwärme entsorgt, sie beheizen unsere Flüsse.

Problem + Problem = Lösung ? Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass es sehr schade ist, Gas oder Öl zu verbrennen, nur um zu heizen. Man könnte doch – wenn man das Zeug schon verbrennen will – wenigstens den Teil der Wärmeenergie in elektrischen Strom umwandeln, den die strengen Gesetze der Physik uns zugesteht. Wenn der wertvolle Brennstoff verbrannt und die Wärme sich nach kurzer Zeit soweit verteilt hat, dass nur noch Zimmertemperatur herrscht, kann das ursprünglich vorhandene Potential, elektrischen Strom damit zu produzieren, nie mehr verwirklicht werden. Natürlich könnte man auch die Abwärme der Kraftwerke nutzen, um statt der Flüsse unsere Wohnzimmer zu beheizen. Da macht man zumeist nicht, weil in einem Kraftwerk soviel Abwärme anfällt, dass man ein enormes Fernwärmenetz braucht, um sie zu verteilen. Der Energieaufwand für den Betrieb und die Verluste solcher Netze lassen von der an sich attraktiven Idee mit der Fernwärme wenig übrig.

Erfolg versprechender ist es, sich den Satz, dass es schade sei, Öl oder Gas zu verbrennen, ohne den Teil der Energie, der in Strom verwandelt werden könnte, auch tatsächlich in Strom zu verwandeln – sich diesen Satz beim Gang in den heimischen Heizungskeller in Erinnerung zu rufen. Statt des Heizkessels würde man einen kleinen Automotor und einen Generator installieren und mit dem Kühlwasser des Motors das Haus heizen, während der Strom verkauft würde soweit er nicht selbst benötigt wird. Die (Ab-)wärme bleibt also im Haus, die Effizienz des Systems erreicht damit nahezu 100%. Neu ist die Idee natürlich nicht, man nennt das Verfahren Kraft-Wärme-Kopplung und die entsprechende Anlage ein Blockheizkraftwerk (BHKW), bei kleineren Anlagen auch Mini-BHKW oder Mikro-BHKW.

Charmant am BHKW erscheint – zumindest auf den ersten Blick –, dass sich die beiden oben identifizierten kurz- und mittelfristig unlösbaren Megaprobleme, die Ineffizienz der Gebäudeheizung und die Ineffizienz der Kraftwerke, zu einer Lösung zu verbinden scheinen. Ganz so toll ist es dann doch nicht, schließlich verbrennt das BHKW Gas oder Öl,

bestenfalls nachhaltig gewonnenes Holz. Die Wärmedämmung eines schlecht isolierten Hauses verbessert es nicht. Trotzdem verringert sich der energetische Fußabdruck eines solchen Hauses beträchtlich. Allerdings nur dann, wenn das BHKW im Haus steht. Je weiter das Warmwasser transportiert werden muss, desto geringer der Sinn eines BHKW. Wir müssen den Gedanken noch weiter spinnen, bevor wir unser Urteil über die BHKWs fällen. Vorwegnehmen kann man aber, dass der Gesetzgeber durchaus gut beraten ist, einem Hausbesitzer, dem eine eigentlich angezeigte Sanierung seines Altbaus aus wirtschaftlichen oder anderen Gründen nicht zugemutet werden kann, wenigstens die Heizung mit einem BHKW aufzuerlegen, evtl. flankiert durch eine maßvolle Förderung.

Kleingeld oder 500-€-Note ? Zurück zum Fokus: Es geht uns nicht um das Schicksal der Familie Huber im Altbau gegenüber, sondern um die Energieversorgung Deutschlands. Die Frage ist also, ob, wenn wir alle Hubers in den Altbauten der Republik verpflichten, statt einer wirtschaftlich nicht zumutbaren energetischen Sanierung für den anstehenden Tausch ihrer Heizkessel ein BHKW einzubauen, ob das gemessen am gesamten Energieumsatz signifikant ist.

Wieviele Altbauten haben wir in der Republik, bzw. vor welchem Baujahr ist ein Gebäude alt? Drei Viertel der Gebäude stammen aus der Zeit vor Inkrafttreten der 2. Wärmeschutzverordnung von 1984. Diese Gebäude sind im Hinblick auf ihre Dämmung in der Regel uralt. Sie verbrauchen 95% der für die Heizung eingesetzten Primärenergie, also mehr als 1 000 Mrd kWh. Diese Energie wird in Wärme umgesetzt, in aller Regel ohne ihr die nie wiederkehrende Chance zu geben, dass ihr Potential genutzt wird, Elektrizität zu erzeugen.

Nehmen wir also an, in allen diesen Altbauten seien BHKW installiert. Das ist natürlich nicht realistisch – wenn auch viel realistischer, als alle diese Altbauten ordentlich zu dämmen. Gleichwohl sollten wir das unrealistische Szenario durchrechnen, um abzuschätzen, ob vielleicht die Ausstattung der Hälfte oder nur eines Viertels oder gar nur 10% der Altbauten mit BHKWs einen spürbaren Effekt hätte.

Die Effizienz der kleinen BHKWs wird niedriger als die von Großkraftwerken sein. Konservativ ist, dass ein Drittel der bei der Verbrennung produzierten Wärme in Strom umgewandelt werden kann. Zur Heizung braucht man, BHKW hin oder her, nach wie vor reichlich 1 000 Mrd kWh, nun in Form der Abwärme der BHKW. Wenn zusätzlich mit einem Wirkungsgrad von 33% Strom erzeugt werden soll, müssen nun also 1 500 Mrd kWh Primärenergie durch die BHKWs laufen. Erzeugt werden 500 Mrd kWh Strom und 1 000 Mrd kWh Abwärme zur Raumheizung.

500 Mrd kWh Strom: das ist, s.o., nahezu der gesamte Strombedarf der Republik! Beim Heizen unserer Altbauten gehen also nicht nur 90% der Energie durch fehlende Dämmung verloren, gleichzeitig wird das Vermögen dieser Energie, Strom zu erzeugen ungenutzt gelassen obwohl das rechnerisch den gesamten Kraftwerkspark überflüssig machen würde. Hinzu kommt, dass man die BHKWs dann laufen lassen könnte, wenn andere Erzeuger wie Wind oder Photovoltaik gerade indisponiert sind.

Wie sieht es mit der maximalen Leistung aller BHKWs aus? Man kann die maximale Heizlast aller Gebäude mit 500 GW abschätzen. Entsprechend können die BHKWs nebenbei 250 GW Strom erzeugen. Das ist zu vergleichen mit der derzeit installierten Gesamtleistung aller Kraftwerke von 175 GW oder besser mit dem Spitzenstromverbrauch (der Jahreshöchstlast) von 75 GW! Bemerkt werden sollte auch, dass die BHKW Elektrizität vorwiegend während der Heizperiode produzieren und damit den weitgehenden Ausfall der Photovoltaik im Winter kompensieren würden.

Im Sommer ist nur Trinkwasser bereitzustellen, für einen 4-köpfigen Haushalt ca 10 kWh pro Tag. Da könnte man „nebenher“ nur 5 GW Strom erzeugen. Das klingt wenig, wenn nur 10% der Altbauten mit BHKW ausgerüstet sind, fast schon nach Kleingeld. Allerdings ist das nur ein Mittelwert, an der Spitzenleistung des BHKW-Parks ändert das nichts. Eher zu bemerken ist, dass die BHKW fast so schnell bereitstehen, wie man ein Auto anlassen kann, schneller als die Pumpspeicherkraftwerke, und so die für die Netzstabilität so begehrte Regenergie bereitstellen könnten.

Eine Lösung zur Unzeit Warum ist dieses Potential noch niemanden aufgefallen? Die Vorteile der BHKWs sind natürlich bekannt, auch wenn sich wohl die wenigsten Entscheidungsträger Klarheit über die oben genannten Zahlen verschafft haben dürften. Offensichtlich ist natürlich auch, dass die Perspektive, den gesamten Kraftwerkspark überflüssig zu machen, nicht jedem behagt – z.B. in gewissen Vorstandsetagen.

Aber so einfach ist es auch nicht. Ein BHKW kann seine Effizienzvorteile nur dann ausspielen, wenn die Abwärme tatsächlich genutzt wird. Das BHKW darf also nur dann betrieben werden, wenn Wärmebedarf besteht – der Jargon dafür lautet, das BHKW sei *wärmegeführt*. Eine solche Betriebsweise geht natürlich an den Erfordernissen der Stromversorgung vorbei. Sie würde das Einschalten der BHKWs entsprechend dem Strombedarf bevorzugen – man spricht von *stromgeführter* Betriebsweise.

Wir finden uns somit in einer Situation, die im Kontext der Diskussion der Energiewende vertraut klingt: Die Verfügbarkeit regenerativer Energie folgt den Launen des Wetters, und nun sehen wir, dass BHKWs, die prinzipiell über mehr als genug Feuerkraft verfügen und darüber hinaus extrem schnell eventuelle Lücken in der Stromerzeugung schließen könnten, ihren Hauptvorteil fast hundert-prozentiger Effizienz einbüßen, wenn sie, wie von den unsteten regenerativen Energien gefordert, stromgeführt betrieben werden.

Tatsächlich legt man BHKWs heute in der Regel so aus, dass sie möglichst viele Vollaststunden pro Jahr erreichen. Konkret bedeutet dies, dass BHKWs unterdimensioniert werden. Sie laufen dann auch in der Übergangszeit noch mit Vollast, aber der Heizwärmebedarf muss im Winter durch herkömmliche Heizungsanlagen ergänzt werden. In betriebswirtschaftlicher Hinsicht ist dies bei größerem Wärmebedarf sicherlich optimal; man könnte mit etwas Polemik sagen, das BHKW ist *bilanzgeführt*.

Eine für Einzelnen optimale Betriebsweise ist volkswirtschaftlich und auf jeden Fall energiepolitisch noch lange nicht optimal. Tatsächlich hat die Politik, speziell in Deutschland, dem Markt in der Energie- und besonders in der Elektrizitätswirtschaft noch nie getraut.

Je nach politischem oder vielmehr ideologischen Standpunkt mag man das gut heißen oder verdammen. Im Bezug auf die Wärmedämmung der Gebäude ist klar, dass der Markt nie bewirkt hätte, was Energie-Einsparverordnung (EnEV) und ihrer Vorläufer bewirkt haben. Die zugrunde liegenden Gesetze waren aus der Erfahrung der Ölkrisen der 70er Jahre übrigens strategisch (auch sicherheitspolitisch!) und weniger umweltpolitisch motiviert. Die Rentabilität der Wärmedämmung war für die EnEV nie mehr als einer von vielen Gesichtspunkten. Warum soll das bei den BHKWs anders sein? Noch dazu die entsprechenden Investitionen schlimmstenfalls 1/10 der Investitionen in eine grundhafte energetische Sanierung betragen und anders als die Wärmedämmung des Altbaubestandes in vergleichsweise kurzer Zeit realisiert werden kann! Es ist also schwer dagegen zu argumentieren, BHKWs nach den Erfordernissen der Energiewende – als Lückenbüßer für Wind- und Sonnenenergie – zu betreiben. Nennen wir solche BHKWs *paragraphengeführt ...*

Wasserspeicher Wenn BHKWs als Lückenbüßer für Wind- und Sonnenkraft dienen, aus Effizienzgründen aber gleichzeitig nach Wärmebedarf betrieben werden sollen, muss entweder der Strom oder die Abwärme gespeichert werden. Empfohlen werden kann aus Kostengründen – no nonsense! – nur die Speicherung von Abwärme und zwar mit Hilfe eines Wasser-Pufferspeichers. Es soll gleich an dieser Stelle vorweggenommen werden, dass der Warmwasser-Pufferspeicher eines der entscheidenden Bauteile der Energiewende sein könnte, obwohl oder vielmehr gerade weil er eine so triviale und billige Art der Energiespeicherung darstellt. Das Fehlen des Pufferspeichers in BHKW- aber auch in Wärmepumpen-Anlagen, auf die wir am Ende noch zu sprechen kommen, beraubt diesen modernen Heizungskonzepten ihrer eigentlich inhärenten Flexibilität und stellt damit ihren Nutzen für die Energiewende in Frage. Wenn oben argumentiert wurde, dass die kaum mehr bestrittene Sinnhaftigkeit von Vorschriften zur Wärmedämmung erst recht Vorschriften zum Einsatz von BHKWs in schlecht gedämmten Altbauten nahelegen, so gilt das in noch größerem Maße für den Einsatz von Warmwasser-Pufferspeichern.

Wieviel Energie lässt sich mit Warmwasser speichern? Zuerst stellt sich die Frage, welches Volumen realistisch ist. Pufferspeicher kennt man als notwendige Komponenten in Sonnenkollektor-Anlagen. Bei Einfamilienhäusern und Anlagen, die mehr als nur Warmwasserversorgung im Sommer, sondern auch Heizungsunterstützung leisten sollen, sind Pufferspeicher von 1000 ℓ empfehlenswert, pro Person also 250 ℓ . Mehr Kapazität wäre natürlich besser und auch nicht wesentlich teurer.

Wenn man diese 250 ℓ Wasser, wie bei einem Verbrennungsmotor vernünftig, von 20 auf 90°C aufheizt, kann man pro Person 20 kWh speichern. Hochgerechnet auf 80 Mio Bundesbürger erhält man 1,6 Mrd kWh, wenn man gewerbliche Gebäude hinzunimmt vielleicht 2 Mrd kWh. Das ist zu vergleichen mit der Stromproduktion von 1,75 Mrd kWh pro Tag (= 600 Mrd kWh / 365 d). Allerdings war nun ein flächendeckende Einsatz der Pufferspeicher angenommen, realistisch sind, je nach politischem Willen, vielleicht 25% davon, also 0.5 Mrd kWh. Das ist zufällig genausoviel, wie die Kapazität aller deutschen Pumpspeicherkraftwerke zusammen.

Was der Pufferspeicher bewirken soll, ist in erster Linie, für das direkt an ihn angeschlossene BHKW die Flexibilität zu schaffen, gerade dann zu laufen, wenn im Stromnetz Bedarf besteht. So gesehen hat der Treibstoff des BHKW, für den bereits heute ausreichend Langzeitspeicher vorhanden sind, die die Kapazität der Pumpspeicherkraftwerke hundertfach übertreffen, die Funktion des eigentlichen Energiespeichers.⁸ Es kommt also in erster Linie darauf an, wieviele Vollaststunden des individuellen BHKW der dazugehörige Puffer zwischenspeichern kann. Bei einem 200-qm Altbau können wir von einer maximalen Heizlast von 15 kW ausgehen, ein wie dargestellt ausgelegter Pufferspeicher kann also 6 bis 12 Vollaststunden speichern. Auch aus der Perspektive des individuellen BHKW kommt man zum Schluss, dass sich im Winter in der Regel bequem die Tag-Nacht-Lastwechsel ausgleichen lassen. Im Sommer, wenn nur Warmwasser gebraucht wird, lässt sich sogar der Bedarf mehrerer Tage speichern. Die, wie bereits diskutiert, entsprechend geringere Wärmeproduktion begrenzt dann andererseits die Feuerkraft des BHKW-Parks zur Deckung von Versorgungslücken.

Notstände Das Stromnetz kennt zwei Notlagen: Die offensichtliche ist Strommangel – zuwenig elektrische Energie. Genauso schlecht verträgt das Netz den gegenteiligen Fall, zuviel Strom. Die Frage ist, ob ein Energieversorgungssystem basierend auf vornehmlich Wind, Sonne und BHKWs die beiden Arten von Notlagen zu bewältigen in der Lage ist.

Strommangel im Winter, das zeigen die o.gen. Zahlen eindringlich, ist kein Thema: Wenn die BHKWs im Winter für warme Wohnzimmer in Altbauten sorgen, wird nebenbei mehr als genug Strom produziert. Die Notlage wäre eher zu viel Strom. Wohin damit? Im ungünstigsten Fall würde man den Strom per Heizstab in Wärme verwandeln, in der Regel wird man jedoch den Strom für die Heizung der gut gedämmten Neubauten mittels Wärmepumpen einsetzen. Dazu später mehr.

Strommangel ist eher im Sommer zu befürchten wenn die BHKWs nur im Zuge der Warmwasser-Bereitstellung arbeiten. Während einer ausgedehnten Schlechtwetterperiode mit wenig PV-Strom und vielleicht noch wenig Wind könnte dann eine Stromlücke entstehen. Auf solche Situationen ist dann so zu reagieren, wie man auf Notlagen eben reagiert: Pragmatisch! Der Effizienzgedanke wird beiseite geschoben und die BHKW auch ohne Wärmebedarf, also stromgeführt, betrieben. Nachdem es bei Schlechtwetter tendenziell ohnehin kühl ist, kommt etwas Heizung außerhalb der nominellen Heizperiode dem Wohnkomfort vielleicht sogar entgegen.

Die Rolle energieeffizienter Neubauten und die Zukunft Man mag sich nun fragen, ob moderne energieeffiziente Häuser in diesem Szenario einen Platz haben. Klar ist jedenfalls, dass für ein BHKW in einem Passiv-Einfamilienhaus mit einer maximalen Heizwärmelast von 2 kW wenig Spielraum besteht, um den Extremfall zu nennen. Die

⁸ Die Erdgasspeicher in Deutschland haben eine Kapazität von 25 Mrd m³. Das entspricht 250 Mrd kWh! Dazu kommt das Gas im Leitungsnetz. Zum (nicht ganz fairen) Vergleich: Die Kapazität der deutschen Pumpspeicherkraftwerke beträgt 0.5 Mrd kWh. Oder: Hätten wir nur noch batteriegetriebene PKW, dann wäre die Gesamtkapazität ihrer Batterien in der Größenordnung von 1.5 Mrd kWh.

vorliegende Analyse könnte als absurd allein deswegen abgetan werden, als für ihr Funktionieren schlecht gedämmte Altbauten notwendig scheinen. Dazu ist festzustellen, dass sich diese Frage so nicht stellt: Diese Altbauten sind da und werden in einer für dieses Konzept mehr als ausreichenden Zahl in den kommenden Jahrzehnten, länger als die Lebensdauer eines heute installierten BHKWs, unsaniert bleiben.

Im übrigen kann und muss auch die Heizung energieeffizienter Neubauten einen Beitrag zum Ausgleich der Schwankungen regenerativer Energieerzeugung leisten – eine derzeit weitgehend vernachlässigter Aspekt. Gut gedämmte Häuser lassen sich sehr effizient und bei Einsatz einer hauseigenen PV-Anlage unschlagbar billig mit einer Wärmepumpe beheizen, in naher Zukunft bei weiter sinkenden PV-Preisen gar nur mit einem Heizstab. Im Winter wird allerdings zusätzlich Strom aus dem Netz bezogen werden müssen. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass dieser Strom dann abgerufen wird, wenn er aufgrund der Witterungsverhältnisse oder der (Nicht-)Aktivität der anderen Stromverbraucher reichlich zur Verfügung steht. Entscheidend ist also auch im Passivhaus ein ausreichend dimensionierter Warmwasser-Pufferspeicher! Diese würden uns die Möglichkeit verschaffen, große Stromspitzen effizient zu nutzen, statt Windräder bei gutem Wind abzuschalten. Hervorgehoben werden sollte, dass ein 1 000-ℓ Pufferspeicher den Heizwärmebedarf eines EFH, das der neuesten EnEV entspricht, selbst im Winter für 2 bis 3 Tage speichern kann.

Angesichts der hier herausgearbeiteten positiven Rolle, die auch schlecht gedämmte Gebäude für die Energiewende spielen könnten, kann man sich fragen, wie es denn weiter gehen soll, wenn diese Gebäude eines fernen Tages doch allmählich verschwinden. Was dann? Nun, Prognosen sind immer schwer, besonders wenn sie die Zukunft betreffen; das wusste schon Karl Valentin. Es ist keine Frage, dass einige der Technologien, die heute in den Forschungslabors entwickelt werden, in 20 bis 30 Jahren nicht nur marktreif sind, sondern auch den Markt durchdringen. Beispiele könnten Brennstoffzellen oder das sog. Windgas sein. In welche Richtung das Pendel am Ende ausschlägt, hängt neben Forschung und Technik genauso von den Kosten und dem Marktumfeld ab. Das ist nicht vorhersehbar. Sicher ist nur: Viel Forschung und faktengeleitete und zugleich visionäre Politik werden weiter dringend benötigt.

Die bemerkenswerte heutige Situation, in der man Hausbesitzer zugesteht, die eigentlich erforderliche aber nicht zumutbare – auf den Gesamtbestand gesehen von der Bauwirtschaft auch nicht zu leistende – energetische Sanierung aufzuschieben im Gegenzug zur Installation einer Heizungsanlage, die den flexiblen Strombedarf im Zeitalter des Übergangs zu regenerativen Energien unterstützt – diese Situation wird sich so nicht wieder bieten.

Kosten Das hier vorgestellte Konzept verlangt zum Abschluss einen Blick auf die Kosten eines BHKWs (mit Pufferspeicher!) als Ersatz für eine herkömmliche Heizungsanlage. Bei einem EFH, bei dem die relativen Kosten am höchsten sind, ist ein Gasmotor mit

einer Leistung von ca 10 PS erforderlich, um 15 kW Heizleistung darzustellen. Stromaggregate dieser Leistungsklasse, dann allerdings oft mit Dieselmotor, sind für die mobile Stromerzeugung z.B. auf Baustellen verbreitet und kosten grob 3 000 bis 4 000 €. Bei einer Heizungsanlage ist allerdings durch die hohe Betriebsstundenzahl (2000 h/a) eine solidere Qualität erforderlich.

Die derzeitigen Preise von ca 15 000 € sind weit überzogen. Das ist offensichtlich angesichts der Tatsache, dass dies dem Gegenwert eines Kompaktklasse-PKW bestehend aus einem 5 Mal stärkeren Motor und dem Rest drum herum (Karosserie, Fahrwerk usw.) entspricht. Dasselbe gilt für Pufferspeicher, bei denen gute 1 000-ℓ-Modelle derzeit mit 3 000 € zu Buche schlagen. Bei einer Massenproduktion auf dem Maßstab der Autoindustrie kann mit einem erheblichen Kostenreduktions- und gleichzeitig Innovationspotential kalkuliert werden. Bei entsprechender Stückzahl müssen im Hinblick auf die Motorpreise in der Kfz-Branche Kosten deutlich unter 5 000 € ausreichen. Das kann man am Beispiel eines VW up! substantiieren. Die Gasmotor-Variante leistet 50 kW, bei einem angenommenen Wirkungsgrad von 40% also 75 kW thermisch. Dieser Motor müsste also pro Jahr ca. 500 Stunden laufen, um ein Altbau-EFH mit den erforderlichen 40 000 kWh Heizwärme zu versorgen, aufgrund des Pufferspeichers stets im optimalen Drehzahlbereich. Die besonders günstigen Betriebsbedingungen lassen erwarten, dass die übliche Lebensdauer von Kfz-Motoren von 5 000 Betriebsstunden, entsprechend 10 Jahren, hier deutlich überschritten würde. Natürlich kommt niemand auf die Idee, einen 50-kW Automotor in den Heizungskeller zu stellen. Allerdings zeigt dieses Extrembeispiel eindrücklich, dass die derzeitigen Preise für BHKWs viel zu hoch sind: Der VW up! wird ab weniger als 10 000 € angeboten und ist ein erheblich komplexeres Gerät als ein BHKW! Es ist offensichtlich, dass es hier eine Markteintrittsproblematik gibt, die die Politik aufgrund ihrer Bedeutung für die Gesamtwirtschaft mit Zuckerbrot und Peitsche beseitigen sollte.

Zusammenfassung Der Einsatz von BHKWs in Gebäuden mit hohem Wärmebedarf kann entscheidend zum Ausgleich der schwankenden Energieproduktion durch erneuerbare Energieträger beitragen. Dazu ist es zwingend erforderlich, diese Anlagen mit ausreichend dimensionierten Warmwasser-Pufferspeicher auszustatten. Umgekehrt können Gebäude mit geringem Wärmebedarf als flexible Lasten zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen, vorausgesetzt sie verfügen ebenfalls über einen Pufferspeicher.

Der derzeit favorisierte Betrieb von BHKWs zur Erzeugung von Grundlaststrom geht am Bedarf vorbei. Dies gilt in besonderer Weise für die derzeit übliche Biogas-Verstromung, bei der mit hohen Förderbeträgen produzierte, unbegrenzt speicherbare Energie (Biogas) ohne Rücksicht auf den Bedarf verstromt wird. Fördervoraussetzung für BHKWs sollte sein, dass neben einer wärmegeführten Betriebsweise gleichzeitig ein Pufferspeicher eingebaut wird, der mindestens 50% der Tages-Wärmeproduktion zwischenspeichern kann.

Prof. Dr. Dr. h. c. Gerhard G. Paulus

