



Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

Klimaneutrale Gebäude und Quartiere – aber wie?

Energie und Klimaschutz im Gebäudesektor

Klimaschutz und die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs sind für die Gesellschaft eine enorme Herausforderung und eine der drängendsten Aufgaben auf den politischen Agenden. Im Gebäudebestand und bei Neubauten sollte die Ökobilanz durch politische Auflagen wie den Klimaschutzplan 2050 und das aktuell vom Bundestag und Bundesrat verabschiedete Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) etabliert werden. Dabei stellt sich grundlegend die Frage, wie das nationale Ziel „Nahezu Klimaneutral“ und erst recht das von der EU im „Green Deal“ gesteckte Ziel „Klimaneutralität in allen Sektoren“ technisch-wirtschaftlich erreicht werden können? Die öffentlichen Gebäude des Bundes und der Länder sollten beim klimaneutralen Bauen vorangehen, jedoch verhindern bestehende Regularien und ein überholtes „Wirtschaftlichkeitsgebot“ meist die Umsetzung und vereiteln damit die Möglichkeit einer Vorbildfunktion.

Ausgangslage – Chaos beim Bilanzraum Gebäude

Die Emissionsbilanzierung von Gebäuden wird in Deutschland sehr unterschiedlich gehandhabt und ist oft nur schwer nachvollziehbar. Grundsätzlich entstehen CO₂-Emissionen bei der Herstellung, Verarbeitung und Montage der Bauprodukte (Vorketten) sowie der Konditionierung (Wärme, Kälte, Warmwasser, Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnik) der Gebäude. Hinzu kommen indirekte CO₂-Emissionen durch den Nutzerstrom, die bislang dem Sektor Energiewirtschaft zugeordnet werden. Der Gebäudesektor verursacht inkl. der Vorketten jährlich rund 235 Mio. Tonnen Treibhausgasemissionen (THG). Dies entspricht rund einem Viertel der CO₂-Emissionen in Deutschland, Stand

2015. Auf die ca. 3,8 Mrd. m² Wohngebäude entfällt davon ein Anteil von rund 55%. Die Nichtwohngebäude (GHD, Industrie) mit ca. 1,9 Mrd. m² verursachen jährlich rund 105 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen (45%).

Nach dem Klimaschutzplan des BMUB (2016) umfasst der Bilanzraum von Gebäuden lediglich die direkten am Gebäude entstehenden Emissionen (Quellprinzip) – im Jahr 2014 rund 119 Mio. t CO₂. Dies entspricht nicht einer ganzheitlichen Betrachtung nach dem Verursacherprinzip. Nach dem Quellprinzip werden beispielsweise die CO₂-Emissionen des Netzstroms zum Betrieb der Wärmepumpen und der CO₂-Footprint der Fernwärme nicht dem Gebäudesektor, sondern der Energiewirtschaft zugeordnet. Dies ist nicht plausibel

und auch nicht zielführend, da meines Erachtens die Öl- und Gaskessel bis 2050 größtenteils durch elektrische Wärmepumpen ersetzt werden sollten. Auch sollten die THG-Emissionen, die bei der Herstellung und Sanierung der Gebäude entstehen, dem Sektor Gebäude und nicht der Industrie und/oder der Energiewirtschaft zugeordnet werden (Verursacherprinzip).

Mit dem Klimaschutzplan wird das Ziel verfolgt, bis zum Jahr 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Für die kommenden drei Jahrzehnte werden dezidierte CO₂-Minderungsziele angestrebt. Bis 2030 sollen jährlich rund 50 Mio. Tonnen direkte Treibhausgasemissionen (Quellprinzip) eingespart werden. Wie und mit welchen Technologien, vor al-

lem aber welches Investitionsvolumen dies erfordert, wird unter Experten kontrovers diskutiert.

Was ist mit Klimaneutralität gemeint?

In der Politik reicht der Korridor von „nahezu klimaneutral“ (Energiekonzept, 2010, BMWi, Klimaschutzplan, 2016, BMUB), womit eine Reduzierung der Treibhausgas (THG)-Emissionen um ca. 80% bis 2050 gemeint ist, bis zu einer echten Null-Treibhausgas-Bilanz, die die EU mit dem „Green Deal“ anstrebt. Die letzten 15 bis 20% zur THG-Null-Emission sind technisch und insbesondere wirtschaftlich eine riesengroße Herausforderung und bedeuten einen überproportional hohen Aufwand. Meine Empfehlung für „nahezu klimaneutral im Bausektor“ adressiert die Bewohner von Stadtquartieren bzw. die Nettoraumfläche der Gebäude als Bezugsgröße. Die jährlichen anthropogenen CO₂-Emissionen, die durch Gebäude und den Individualverkehr ihrer Nutzer verursacht werden, sollten weniger als 1 Tonne CO₂ je Einwohner von Stadtquartieren betragen. Im Jahr 2014 waren es je Bundesbürger noch das Viererhalbfache. Bezogen auf die Nettoraumfläche sollten für den „nahezu klimaneutralen“ Gebäudebestand die CO₂-Emissionen nach dem Verursacherprinzip im Mittel auf unter 10 kg/m² NRF¹/a¹ reduziert werden.

Bei Neubau sind die CO₂-Emissionen ausschlaggebend, die zu Beginn des Lebenszyklus bei der Errichtung der Gebäude entstehen (siehe Abbildung). Diese indirekten CO₂-Emissionen werden überwiegend durch die Art der Baustoffe und den Materialeinsatz beim Rohbau hervorgerufen (Massivbau ca. 700 bis 1.000 kg CO₂/m² NRF). Dieser „CO₂-Offset“ sollte in die nächste Novellierung des GEG eingehen und als

Bewertungsgröße für Neubauten und sowie bei Sanierungen Berücksichtigung finden. Durch Neubau und die Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden werden bis 2050 etwa 25 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen (im Mittel rund 1 Mio. Tonnen CO₂/a) hinzukommen. Zur Erreichung der Zielsetzung „nahezu klimaneutral“ sind diese zusätzlich zu kompensieren. Außer für Gebäude nach dem EffizienzhausPLUS-Standard steigen die kumulierten THG-Emissionen während der Nutzungsphase an (siehe Abbildung). Für ein 2016 errichtetes fünfgeschossiges Wohngebäude, nach KfW 55 Standard und ohne Photovoltaikanlage (PV-Anlage), ergibt sich in Bezug auf den „CO₂-Offset“ bis 2050 etwa eine Verdopplung der kumulierten CO₂-Emissionen. Selbst mit dem EffizienzhausPLUS-Standard (Gebäude als Kraftwerk, maximale Solarisierung und Batterie) ist es nicht möglich, den „CO₂-Offset“ aus der Bauphase (Massivbau!) über die Lebenszeit durch den Export von Solarstrom auszugleichen. Ein Grund dafür ist die weitere fortschreitende Decarbonisierung des Netzstroms (2020: ca. 480 g CO₂/kWh, Ziel 2050: ca. 100 g CO₂/kWh) und die damit stetige Verringerung der CO₂-Gutschriften für die Einspeisung von Strom aus gebäudeintegrierter Photovoltaik (GIPV).

„Nahezu Klimaneutraler“ Gebäudebestand bis 2050 – aber wie?

Die notwendigen Technologien sind verfügbar, auf neue Entwicklung zu warten ist eine Ausrede. Natürlich sind Forschung und Entwicklung auch weiterhin erforderlich. Innovative Systeme müssen entwickelt und Transformationsprozesse in der Praxis begleitet werden. Zu alldem braucht es jetzt den Willen und die Akzeptanz der Bevölkerung sowie den Mut und die Entschlossenheit von Machern.

Die wesentliche Herausforderung besteht darin, den Energiebedarf wirtschaftlich tragbar zu reduzieren und gleichzeitig erneuerbare Energiequellen zur Deckung verstärkt zu nutzen. Es gibt kein Entweder Oder! Mit der Sanierung von Gebäuden, die Klimaschutzziele bis 2050 zu erreichen, ist in der verbleibenden Zeit ebenso unrealistisch, wie die Wirkung einer weiteren Verschärfung der Energieeinsparengesetze für den Neubaubereich. Nach dem Klimaschutzplan des Bundesumweltministeriums sollen die jährlichen CO₂-Emissionen im Gebäudesektor von 119 (2014) auf 70 Mio. Tonnen (2030) sinken, ein aus heutiger Sicht nicht zu erreichendes Ziel. Es fehlen Planer, die Bauschaffenden und die Produktionskapazitäten (u.a. für Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen) die bis 2030 dafür notwendig wären. Auch fehlt es an der Entschlossenheit der Wirtschaft und letztlich auch am Mut und der Entschlossenheit in der Bevölkerung. Der Klimawandel ist im Gegensatz zur gegenwärtigen Pandemie Covid-19 eine schleichende Krankheit, die weltweit einen erheblich größeren humanen und wirtschaftlichen Schaden anrichten wird.

Das Ziel „nahezu klimaneutraler“ Gebäudebestand lässt sich nur im Zusammenwirken aller Sektoren (Gebäude, Energiewirtschaft, Industrie) und nur über einen längeren Zeitraum (bis 2050?) erreichen. „Grüner“ Strom aus Wind und Sonne wird zur Primärenergie und „Grüner“ Wasserstoff sowie die daraus erzeugten gasförmigen und flüssigen Brennstoffe zur Sekundärenergie. Anders sind Energiewende und die Klimaschutzziele nicht zu erreichen. Es sind folgende Maßnahmen erforderlich, die gleichzeitig umzusetzen und von ihrer Priorität gleichwertig sind:

¹ NRF = Netto-Raumfläche, Summe der nutzbaren Grundflächen eines Gebäudes

Maßnahmen eines „nahezu klimaneutralen“ Gebäudebestandes

■ Halbierung des Endenergieverbrauchs zur Beheizung der Gebäude (2016 ca. 800 TWh/a). Dies erfordert eine umgehende Verdoppelung der energetischen Sanierungsrate auf rund 1,8% pro Jahr und kann nur gelingen, wenn dem Bauwesen mehr Fachpersonal (Planung, Bau) zur Verfügung steht und neue Entwicklungen (z.B. Standardisierung, Vorfertigung, Digitalisierung, automatisiertes Monitoring durch künstliche Intelligenz) und Technologien konsequent umgesetzt werden.

■ Durch Neubauten nehmen die CO₂-Emissionen im Gebäudesektor aufgrund der Errichtung und der Nutzung geringfügig zu. Aufgrund des sehr großen Gesamtbestandes ist diese Zunahme zur Erreichung der Klimaschutzziele jedoch nicht entscheidend. Für den Wohnungsbau ist der Energiestandard KfW 55 kombiniert mit einer maximalen Solarisierung (Photovoltaik) die wirtschaftlichste Lösung. Für den Nichtwohnungsbau sind die Anforderungen des GEG (2020) an die energetische Qualität der Gebäudehülle ausreichend und bedürfen keiner Verschärfung.

■ Die Politik muss den Mut haben und deutlich machen, dass die energetische Sanierung der Bestände höchste Priorität hat und dass hier ein großer Hebel für die Umsetzung der Energiewende liegt. Dazu ist es erforderlich, die CO₂-Emissionen und den Ressourceneinsatz zur Sanierung von Gebäuden zu bewerten. Bei einer Sanierung beträgt der „CO₂-Offset“ in der Regel lediglich 100 bis 150 kg CO₂/m² NRF, die sich im Gegensatz zum Neubau (bis 1.000 kg CO₂/m² NRF), in wenigen Betriebsjahren „amortisieren“.

■ Die Umrüstung der Wärmeerzeugung im Gebäudebestand auf elektrische Wärmepumpen muss dringend beschleunigt werden. Das Verbrennen von Öl und Gas sollte bis 2040 auslaufen. Die jährlichen Absatzzahlen von Wärmepumpen (2019 ca. 90.000 Stück) müssten über die nächsten 30 Jahre im Mittel um das Fünffache steigen. Damit könnten Wärmepumpen mit immer grüner werdendem Strom und der Eigennutzung von Strom aus GIPV die erforderliche Decarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden leisten.

■ Ein weiteres großes Potenzial zur Reduzierung der CO₂-Emissionen liegt in der Betriebsoptimierung von bestehenden sowie der Qualitätsprüfung und -sicherung (Planung,

Bau, Betrieb) von neu zu errichteten gebäudetechnischen Anlagen (TGA), insbesondere in Wirtschaftsimmobiliën. Die Prozesse zur Überwachung der Anlagen sollten automatisiert werden.

■ Bei Neubauten sollte auf Abgas-Kamine für fossile Energieträger verzichtet werden. Das Verbrennen von Biomasse (Holz) zur Beheizung von Gebäuden ist keine Zukunftslösung. Aus Biomasse sollten gasförmige Brennstoffe hergestellt und in KWK-Anlagen genutzt werden.

■ In neuen Quartieren sollte das Stromnetz für einen hohen Grad der Solarisierung (max. PV-Flächen) und Durchdringung mit E-Mobilität ausgelegt werden. Die Erschließung des Quartiers durch ein Erdgasnetz ist im Kontext der Klimaneutralität nur sinnvoll wenn es zu hundert Prozent „wasserstoff-tauglich“ ist

■ Der Ausbau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien muss erheblich forciert werden. Wenn Klimaneutralität erreicht werden soll, muss der elektrische Strom zu mehr als 80 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Die benötigte Kraftwerksleistung der Erneuerbaren mit aktuell ca. 108 GWP (56 GW aus Wind- und 52 GW aus PV), muss bis 2050 um das Fünffache gesteigert werden. Der Ausbau der Photovoltaik auf bis zu 250 GWP würde mit rund einem Viertel zur Dekarbonisierung des Stroms beitragen. Für Wind und Photovoltaik ist ein jährlicher Zubau von insgesamt 12 bis 14 GWP in den kommenden dreißig Jahren notwendig. Verglichen mit der in 2019 installierten Leistung von lediglich 2,5 bis 3 GWP sind erhebliche Anstrengungen erforderlich, um den Ausbau zu forcieren.

■ Vorhandene und alle neuen Dachflächen sollten soweit wie möglich mittels PV-Anlagen zur solaren Stromerzeugung genutzt werden. Bei Neubauten ist die maximale Solarisierung im architektonischen Entwurf als Zukunftschance zu betrachten. Die bestehenden regulatorischen Hindernisse beim Ausbau der GIPV (u.a. Mieterstrom, Gewerbesteuer für Wohnungsbau-Gesellschaften) müssen umgehend beseitigt werden. Große Freiflächen-PV-Anlagen, auch solche unter denen landwirtschaftliche Nutzung stattfinden kann, gehören inzwischen zu den günstigsten Stromerzeugern in Deutschland (< 5 ct/kWh).

■ Mit dem notwendigen und beschleunigten Ausbau der Stromerzeugung aus Wind und Sonne und den damit einhergehenden hohen (Spitzen-) Leistungen werden die volatilen Stromüberschüsse in den nächsten Jahrzehnten erheblich zunehmen. Die Umwandlung des Überangebots mittels Elektrolyse nach dem Prinzip Power-to-Gas (P2G) in „grünen“ Wasserstoff wird zu einer Schlüsseltechnologie der Energiewende. Wasserstoff sollte in der Nähe des Bedarfs und nicht in weiter Ferne außerhalb Europas produziert werden. Dabei kommen Industriezentren und um die Abwärme aus der Wasserspaltung mit einem Temperaturniveau um 65°C zur Wärmeversorgung von Städten effizient zu nutzen, auch suburbane und urbane Standorte in Betracht. Die bis 2050 erforderlichen Elektrolyse-Kapazitäten von insgesamt etwa 80 bis 100 GWel liefern Abwärme in der Größenordnung der heutigen Fernwärme (ca. 120 TWh/a). Für eine effiziente Nutzung der Abwärme aus den Megawatt-Elektrolysen-Anlagen sind große saisonale Wärmespeicher (einige 100.000 m³) erforderlich. Vorausgesetzt, dass der Wärmeverbrauch des Gebäudesektors um die Hälfte sinkt, könnte die Abwärme aus der Wasserstoff-Produktion etwa 20 Prozent des Bedarfs decken.

■ In der Übergangszeit (bis 2040) stehen das Erdgasnetz und neu zu erschließende Kavernenspeicher zur mittel- und langfristigen Speicherung des „grünen Wasserstoffs“ zur Verfügung. Damit könnte das oft beschworene Gespenst der „Dunkelflaute“ entschärft werden.

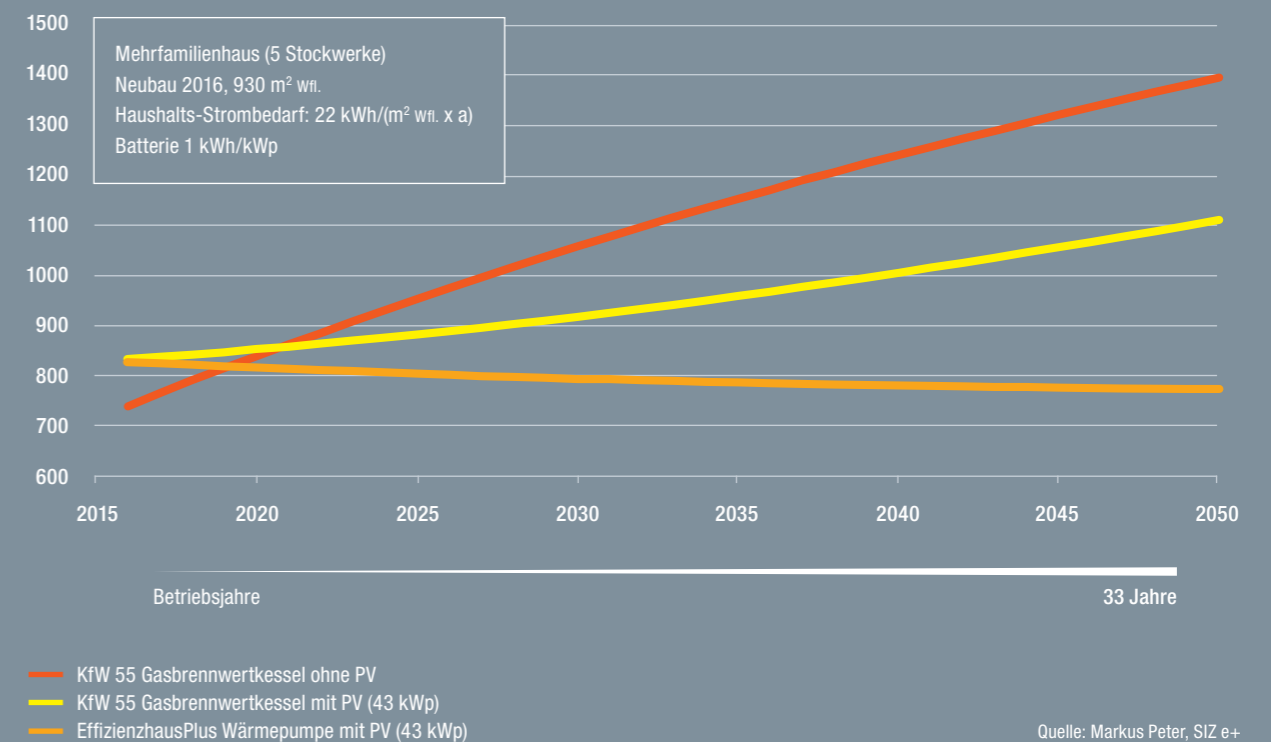
■ Dezentrale Stromspeicher zur Steigerung der Eigenstromnutzung werden in naher Zukunft wirtschaftlich und üblicher Bestandteil solarisierter Gebäudekonzepte. Mit einer Batteriekapazität von 1 bis 1,5 kWh je kWp installierter PV-Leistung werden die Systeme auch einen netzdienlichen Beitrag leisten.

■ In Verbindung mit der Solarisierung der Gebäude und Stadtquartiere muss die Infrastruktur für die E-Mobilität vorangetrieben werden. Neben den Gebäuden kann so auch der Verkehrssektor decarbonisiert werden.

CO₂-Emissionen im Lebenszyklus eines Wohngebäudes

(Bau und Betrieb, inkl. Nutzerstrom)

Kumulierte CO₂-Emissionen im Lebenszyklus (Herstellung, Konditionierung und Betrieb) [kg CO₂/m² wfl.]



Ist „Nahezu Klimaneutral“ bezahlbar? Unmissverständlich: Ja.

Klimaneutral ist nicht kostenneutral und wird Investitionen von zweistelligen Milliarden Euro jährlich erfordern. Die Halbierung des Energieverbrauchs und die Solarisierung im Sektor Gebäude (Wohn-/ Nichtwohnungsbau) bis 2050 erfordern nach eigenen Untersuchungen jährlich etwa 35 bis 40 Mrd. Euro (etwa 330 bis 350 Euro/m² NRF). Dies entspricht in etwa einem Drittel der aktuellen jährlichen Investitionen zur Sanierung und Modernisierung von Wohngebäuden. Die energetische Sanierung des Bestands ist nicht wärmietenneutral zu erreichen. Weshalb die Politik nicht den Mut hat, dies den Bürgern klar und offen zu transportieren, ist schwer nachvollziehbar. Die Ziele zur Reduzierung der THG-Emissionen und

Energieverbräuche sind in einer Vielzahl von Strategiepapieren formuliert, auch wenn mehr Klarheit und eine langfristige Verlässlichkeit in den Zahlen notwendig wären. Die Bundesregierung hat 2020 einige erfreuliche Maßnahmen auf den Weg gebracht, die die Zielsetzung „nahezu klimaneutral“ fördern. Das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm wurde um 1 Mrd. Euro auf 2,5 Mrd. Euro aufgestockt. Der PV-Deckel von 52 GWP wurde aufgehoben und die Ausbauziele für Windenergie wurden angehoben. Die „Nationale Wasserstoffstrategie“ wurde von der Koalition mit klaren Ausbauzielen (5 GWel) und einem Förderbudget bis 2030 von insgesamt 9 Mrd. Euro auf den Weg gebracht.

Als Protagonist zur technischen Nutzung von Solarenergie wird mir seit 40 Jahren

die Frage gestellt „Rechnet es sich?“. Die Gestehungskosten für Energie aus den Erneuerbaren sind längst konkurrenzfähig. Steigen die Preise für CO₂-Emissionen muss die Frage lauten: Wann, wenn nicht jetzt? Bleibt zu hoffen, dass die Verweigerungshaltung in den Chefetagen der Energie- und Immobilienwirtschaft sowie der Industrie während der zurückliegenden Dekaden nun umschlägt und man sich zu ambitionierten und engagierten Machern der Energiewende entwickelt. Die Chancen sind da.

Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch ist CEO der EGS-plan Ingenieurgesellschaft Stuttgart, Leiter des Steinbeis Innovationszentrum SIZ energieplus, Braunschweig/Stuttgart und Mitgründer der Green Hydrogen Esslingen.