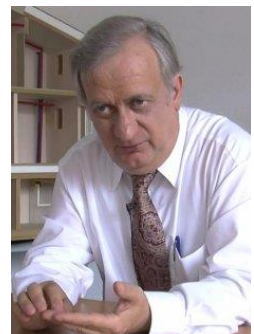


NZEB (Fastnullenergiehaus) – als Holzhaus mit Passivhausstandard problemlos umsetzbar

Almost zero energy house – easily implemented in wooden passive houses

NZEB (Fastnullenergiehaus, le bâtiment quasiment neutre) – un objectif facile à atteindre en construction bois suivant le standard passif

Wolfgang Feist
Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen
der Universität Innsbruck
Innsbruck, Österreich



NZEB (Fastnullenergiehaus) – als Holzhaus mit Passivhausstandard problemlos umsetzbar

1. NZEB (Fastnullenergiehaus)

Die Europäische Kommission fordert von den Mitgliedstaaten ab 2020 die verpflichtende Einführung von Neubaustandards, die «fast Null» Energie für die Heizung benötigen; die Präzisierung dieser Anforderung ist jeweils den nationalen Staaten überlassen – aber das Europäische Parlament und die Kommission haben keinen Zweifel daran gelassen, dass dieser Baustandard hochenergieeffizient sein muss («Passivhaus» oder besser) und zu einem bedeutenden Teil aus erneuerbarer Energie versorgt werden muss (... das kann natürlich «flexibel» interpretiert werden; jedoch sind nur ein Viertel sicher zu wenig. Auf Dauer muss das gesamte Energiesystem auf eine Erneuerbare Basis gestellt werden und die Gebäude haben einen entscheidenden Anteil daran).

Hintergrund der Festlegung ist die unverzichtbare Umstellung der gesamten Energieversorgung auf eine nachhaltige, von fossilem Kohlenstoff freie Basis. Das kann ohne eine drastische Reduktion insbesondere des Heizwärmebedarfs in Europa nicht gelingen. Schon von daher ist «NZEB» (Nearly Zero Energy Building) im deutschen sicher nicht mit «Niedrigstenergiehaus» (wie von den Regierungen übersetzt), sondern inhaltlich korrekt mit «Fastnullenergiehaus» zu klassifizieren.

2. Erreichbar als Passivhaus

Der Passivhausstandard wurde vom Autor um 1990 als allgemein umsetzbarer, präzise definierter, für alle Bauaufgaben anwendbarer, produktneutraler, leistbarer, nachhaltiger und komfortabler energetischer Baustandard eingeführt. Das erste Prototyp-Gebäude (ein Reihnhaus) wird inzwischen unverändert und ohne Erneuerungsbedarf seit 25 Jahren genutzt: Es erforderte einen Heizenergieverbrauch von im Mittel 8,4 kWh/(m²a) und weist einen unübertroffenen thermischen Komfort im Winter wie im Sommer auf [Feist/Ebel 2016]. Die gewonnenen Erfahrungen wurden aufbereitet, veröffentlicht und der Allgemeinheit frei zur Verfügung gestellt. Das Passivhaus Institut hat in der Zwischenzeit für den Standard eine Vielzahl von erforderlichen Hilfsmittel bereitgestellt:

- Planungstool: mit den Programmen PHPP und DesignPH stehen leicht benutzbare, treffsichere und übersichtliche Planungswerkzeuge zur Verfügung.
- Für alle Bauaufgaben (Wohnen, Büro, Schule, Kindergarten Schwimmhalle, Einkaufszentrum, ...) gibt es systematische Empfehlungen, bereits ausgeführte und erfolgreich nachgemessene Beispiele.
- Der Standard ist in allen Klimazonen anwendbar – die Tools funktionieren für alle Standorte auf dem Planeten.
- Es sind grundsätzlich alle Bauweisen auch als Passivhaus ausführbar – damit besteht die Chance und das Angebot für die gesamte Bauwirtschaft. Mit [PHI 2015] wurden sechs herausragende Projekte aus aller Welt mit dem «Passivhaus Architekturpreis» ausgezeichnet.
- Für die Qualität der Passivhaus-Komponenten (entscheidende Voraussetzung für eine Umsetzung ohne Performance-Gap) gibt es eine sorgfältige gepflegte freiwillige Zertifizierung. Damit können sich Architekten und Planer auf die Einhaltung der Spezifikationen verlassen.
- Die Ausbildung zum Passivhausplaner steht allen offen – es gibt über 80 Bildungsträger, die eine solche Ausbildung anbieten, darunter Universitäten und Fachhochschulen.

Weltweit sind inzwischen mehrere Millionen Quadratmeter Neubauprojekte im Passivhausstandard entstanden. Mehrere Gebietskörperschaften haben Passivhausstandard allgemein eingeführt und nationale Regierungen in aller Welt fördern die Umsetzung von Passivhäusern.

Die Erfahrungen mit dem Passivhaus beruhen daher auf einem großen Umfang bereits realisierter Projekte, insbesondere auch auf langjährig genutzten Gebäuden. Aus begleiteten Realisierungen ist mehrfach von verschiedenen Forschungsprojekten die zuverlässige Erreichbarkeit der Ziele dokumentiert [Ebel 2003] [Feist/Peper 2001/2002] [Feist/Loga/Großklos 2000] [Johnston 2014] [Peper 2015] [Reiß/Erhorn 2003] [Schnieders/Feist 2001] [Treberspurg 2010].

Mit der Entwicklung zu immer kostengünstigeren Systemen der photovoltaischen Energiegewinnung ist es heute zudem leicht möglich, eine solche Stromgewinnung unmittelbar an jedem Neubau mit zu projektieren – die Standards «Passivhaus Plus» und «Passivhaus Premium» werden dem gerecht.

2.1. Erneuerbare Energie am Gebäude

Gebäude sind prädestiniert für die Gewinnung von Solarenergie auf dafür geeigneten Außenflächen. Diese Flächen werden ohnehin erreicht: Sie bedürfen einer Außenschale, und diese Schale kann, wenn sie nicht ungünstig orientiert, verschattet oder mit anderen vorrangigen Aufgaben belegt ist, mit Photovoltaik-(PV)-Paneelen ausgestattet werden. Wird die bereits in der Planung vorgesehen, so lassen sich die Montagekosten weitgehend einsparen (Montage anstelle der anderen Vorhangelemente oder Dacheindeckung). Unter diesen Umständen ist diese Ausstattung auf Süddach- und opaken Wandflächen heute auch wirtschaftlich attraktiv. Das PHI empfiehlt eine solche Vorgehensweise und hat dazu die weitergehenden Standards Passivhaus-Plus und Passivhaus-Premium eingeführt [Krick 2016].

Die Analyse realisierter Neubauprojekte und inzwischen durchgeführter PV-Installationen auf bereits bestehenden Passivhäusern zeigt, dass die erneuerbare Energiegewinnung und das energieeffiziente Bauen gerade nicht in Konkurrenz zueinanderstehen, sondern sich in idealer Weise ergänzen:

- Es ist leicht, heute mit einer angemessenen PV-Fläche auf dem Dach den Stromverbrauch eines *Einfamilienhauses von März bis Oktober vollständig abzudecken*; sogar, wenn zusätzlich eine sommerliche Kühlung und die Warmwasserbereitung (zumindest im Sommer) über eine elektrische Warmwasser-Wärmepumpe erfolgt. In der Regel bleiben dann sogar im Sommer PV-Überschüsse bestehen, die in das allgemeine Stromnetz eingespeist werden sollten (allein dafür ist eine Verbindung zum Stromnetz empfehlenswert).
- *Ein Problem bzgl. täglicher und sogar bis zu wöchentlichen Schwankungen des Solarangebots beträgt faktisch schon heute nicht*: Speichersysteme für einen Energieausgleich im Bereich von einigen Tagen sind im Stromnetz vorhanden und kostengünstig ausbaubar. Dieser Ausgleich ist im Übrigen über das Stromnetz deutlich effizienter und wirtschaftlicher als mit individuellen Speichern – es gibt derzeit keinen effizienteren und ökonomischeren Tagesspeicher als das klassische Pumpspeicherwerk. Wegen der reduzierten Gleichzeitigkeit und der zusätzlichen Verfügbarkeit anderer Erneuerbarer Energieerzeuger im Netz ist zudem der Bedarf an Speicherkapazität im System des Gesamtnetzes deutlich geringer als bei individueller autarker Lösung. Gemeinsam sind wir stärker – allerdings setzt das eine positive und konstruktive Herangehensweise aller Akteure voraus; angesichts der Herausforderungen des Klimaschutzes sollte diese Zusammenarbeit möglich sein – auf diesem Weg würde 1 kWh tagesperiodisch zwischengespeicherter elektrischer Energie im Bereich von 1 bis 3 Cent zusätzlich kosten. Damit ist die Versorgungsaufgabe für alle Haushaltsanwendungen inkl. Warmwasser von März bis Oktober schon heute voll regenerativ lösbar.

- Anders sieht es in den verbleibenden Monaten November-Februar aus. Das PV-Angebot auch einer großen EFH-Anlage reicht hier nicht aus, auch nur den stromspezifischen Haushaltsstrombedarf zu decken: Es muss dafür bereits Strom aus dem Netz zugekauft werden. Für die HH-Stromanwendungen ist ein gewisser Ausgleich durch im Winterhalbjahr leicht erhöhte Windstromerzeugung möglich (das Angebot ist dann jedoch auch in der Summe immer noch geringer als dieser Bedarf). Es geht schon hier kein Weg an der Notwendigkeit einer saisonalen Energiespeicherung (d.h. mit Speicherzyklen im Bereich von einem Jahr oder unwesentlich kürzer). Eine solche Speicherung ist technisch möglich [Feist 2014], vom Aufwand (Platzbedarf!) aber nur in Form von Brennstoffen, im einfachsten Fall von aus erneuerbarer Energie synthetisiertem Methan (EE-Gas) darstellbar. Dies ist der einzige für die saisonale Speicherung ökonomisch noch akzeptable Weg – alle anderen Technologien sind, vor allem wegen der enormen Kapitalkosten für die neu zu bauenden Speicher, die dann aber nur einmal im Jahr be- und entladen werden, prohibitiv teuer. Für EE-Gas können dagegen bereits heute vorhandene Speicher und eine schon vorhandene Infrastruktur verwendet werden. Neue Investitionen erfordern die Elektrolyse-Stationen sowie die Sabatier-Umwandlungsreaktoren ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). Auch die so jahreszeitlich gespeicherte Energie ist teuer – immer noch sehr viel teurer als heutiges Erdgas. Solange aber nur ein kleiner Prozentsatz der Energie daraus gedeckt werden muss, nämlich für die Winterlücke eines abgeglichenen Systems, werden die zusätzlichen Kosten tragbar sein (für Haushaltstrom ca. 16% des Jahresbedarfs, dass würde die Zusatzkosten im Bereich einiger Cent je kWh im Durchschnitt belassen).
- Eine ganz andere Dimension ist vor diesem Hintergrund die *Gebäudeheizung*: Sie macht derzeit mehr als 75% des Energiebedarfs in den Gebäuden aus – und sie konzentriert sich ausgerechnet auf die Monate Dezember bis Februar; eben genau der Zeitraum, in dem ohnehin die Winterlücke der erneuerbaren Versorgung liegt. Die Konsequenz ist, dass bei einer künftigen erneuerbaren Versorgung die Dienstleistung Heizung mit einem überwiegenden Anteil jahreszeitlich gespeicherter Energie erbracht werden muss. (Sehr leicht kann erkannt werden, dass die Biomasse-Potentiale hier nur für einen geringen Prozentsatz (maximal 15%) ausreichen, wenn von heutigen durchschnittlichen Bedarfswerten ausgegangen wird. Ob überhaupt Biomasse-Energie in der Gebäudeheizung künftig nennenswert zum Einsatz kommen kann, ist umstritten – es hängt davon ab, welche Nutzungsprioritäten gesetzt werden: Klar steht die Nutzung für die Ernährung an ersten Stelle, gefolgt von der stofflichen Nutzung – es folgen der Energiebedarf für den Verkehr (Flugzeuge!) und andere Systeme mit einer notwendigen Treibstoff-Infrastruktur).
- Hier zeigt sich die perfekte Ergänzung zwischen Gebäude-Energieeffizienz und erneuerbarer Versorgung: Der Winterbedarf für Heizung kann durch die hier im Folgenden beschriebenen Techniken so stark reduziert werden, dass er zwar immer noch jahreszeitliche Speicherung erforderlich macht, dass diese aber quantitativ so gering bleibt, dass der Aufwand an neuer Infrastruktur vernünftig bleibt und die Kosten dafür im Rahmen bleiben. Hierfür prädestiniert ist der Passivhaus-Standard: Damit wird der Heizwärmebedarf auf weniger als 15 kWh/(m²a) reduziert und so auf weniger als ein Zehntel des heutigen Durchschnittwertes. Nur wiederum ca. 40% davon müssten aus der teuren jahreszeitlichen Speicherung kommen – wieder etwa die Hälfte davon könnte sogar nachhaltig und ohne Verteilungskonflikt aus leicht speicherbarer Biomasse kommen. Damit bleibt die Dienstleistung «warmer Raum» insgesamt bezahlbar; je benötigter kWh wird der Winterpreis der Energie zwar deutlich teuer; wegen des jetzt jedoch geringen Bedarfs bleibt das in der Synergie zwischen Effizienz und Erneuerbarer Energie akzeptabel.

2.2. Das Passivhaus in Holz

Mit ca. 33% stellt die Gebäudeheizung den größten Einzelbrocken des heutigen Energiebedarfs in Europa dar. Wie im letzten Abschnitt gezeigt, konzentriert sich dieser Bedarf auch noch auf die Kernwintermonate – wodurch sich die Deckung durch erneuerbare Energiequellen stark erschwert. Nun liegen aber aus den letzten Jahrzehnten umfassende Erfahrungen vor, dass und wie sich der Heizwärmebedarf auf einen unbedeutend kleinen Wert reduzieren lässt, wenn Neubauten entsprechend geplant und umgesetzt werden. Mit dem Passivhaus liegt dieser restliche Heizwärmebedarf unter 15 kWh/(m²a) (Nutzfläche) und damit im Vergleich zu den durchschnittlichen Verbräuchen im Gebäudebestand bei einem Achtel bis einem Zehntel. Bei einem so geringen Wärmebedarf lösen sich die ursprünglichen Probleme einer komplett erneuerbaren Energieversorgung vollständig auf:

- Die Winterlücke wird auf ein erträgliches Maß reduziert. Biomasse kann so einen relevanten Beitrag leisten und die erforderliche saisonale Energiespeicherung wird darstellbar und finanzierbar.
- Die an einem Gebäude erzeugbare Photovoltaik-Energie kann jetzt in die Größenordnung des Energiebedarfs gebracht werden – nicht nur bei freistehenden Einfamilienhäusern, sondern für den Durchschnitt aller Gebäude.
- Der Jahresheizwärmebedarf fällt – das macht die Kosten der Winterenergiespeicherung erst tragbar. Aber auch die maximale Heizlast fällt – dadurch kann die Gebäudetechnik spürbar vereinfacht werden – z.B. reicht eine extrem kostengünstige Kleinstwärmepumpe (z.B. ein Splitgerät) für die Heizung einer ganzen Wohnung oder sogar eines ganzen Einfamilienhauses aus. Insbesondere diese sehr kostengünstigen Lösungen machen den Bau von Passivhäusern auch ökonomisch attraktiv.
- Durch die geringeren Wärmeverluste wird der Komfort erhöht – und das gilt ebenso für den Sommer, das ist insbesondere für Gebäude aus Holz wichtig.
- Die verbesserte bauliche Qualität der Gebäudehülle führt zu einer deutlich verlängerten Haltbarkeit der Objekte. Das ist aus ökologischer Sicht wichtig, aber es spart auch Ärger, Umbaulärm und -Schmutz und vor allem Kosten.

Erreicht wird das Passivhaus vor allem durch eine entscheidend verbesserte Qualität der Gebäudehülle – für den Holzbau stellt dies nach den vorliegenden Erfahrungen an keiner Stelle ein Problem dar.

Verbesserter Wärmeschutz

In der Tat ist die erhöhte Wärmedämmung der Schlüssel für bessere Energiebilanzen bei Gebäuden. Abbildung 1 zeigt ein überzeugendes Beispiel des Architekten Gernot Vallentin.

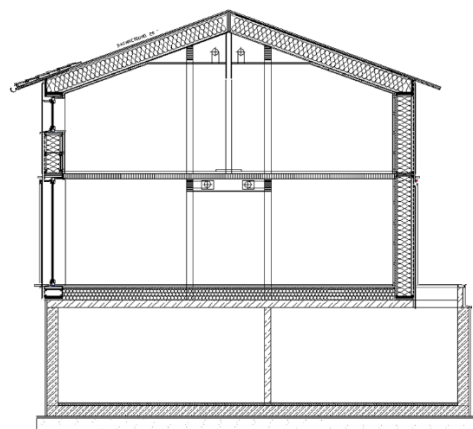


Abbildung 1: Beispiel eines Passivhauses in Holz; Architekt Gernot Vallentin / München

Durch die fortschreitende Verbesserung der entscheidenden Komponenten, insbesondere der Fenster, ist es heute möglich geworden, Passivhausstandard mit Dämmstärken zu

erreichen, die für den Holzbau eine Selbstverständlichkeit sein können: Eine KVH-Wandkonstruktion mit 240 mm Zellulosefüllung und Installationsschale von 50 mm führt bereits auf einen U-Wert von unter $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und reicht auch für ein Einfamilienhaus-PH heute aus (Gesamtkonstruktionsdicke unter 34 cm). Im Dach, wo es keine Platzprobleme gibt, haben sich Stegträger (Tiefe 400 mm) bewährt, die mit Zellulose-Füllung U-Werte unter $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ leicht erlauben. Bodenplatten und/oder Kellerdecken werden kostengünstig und problemlos ohne Wärmebrücken auf der Platte gedämmt. Wenn es auf jeden Zentimeter ankommt, sind auch Lösungen mit nanoporösen Dämmstoffen oder Vakuum-Dämmplatten verfügbar und sogar bezahlbar. Die Datenbank der als Passivhaus geeignet zertifizierten Holzbausysteme hat heute über 15 Einträge: Eine hohe Vielzahl unterschiedlichster Konstruktionen wird eingesetzt – alle haben sich in der Praxis bewährt.

Vermeidung von Wärmebrücken

Das ist gerade für den Holzbau eine leicht zu erfüllende Planungsaufgabe: Tools für eine erfolgreiche Konzipierung stehen zur Verfügung – wird eine durchgehende Dämmschicht erreicht, so erübrigt sich sogar eine aufwendige Berechnung, denn die Details (insbesondere Anschlüsse) gelten dann als wärmebrückenfrei. Für die zertifizierten Bausysteme sind alle diese Details vorbildlich gelöst – es hat sich damit erwiesen, dass das wärmebrückenfreie Konstruieren für alle Varianten des Holzbaus gut erreichbar ist. Dieser Projektierungsansatz ist aber nicht allein aus Gründen der Energieeinsparung empfehlenswert: Wärmebrückenfreie Details sind schadensfrei, verbessern den Komfort im Gebäude und die Dauerhaftigkeit; die Kosten für eine solche Qualität sind praktisch vernachlässigbar – der Herstellungsaufwand ist keinesfalls größer, es handelt sich allein um eine Frage des Know-how und der Planungssorgfalt. Hierbei hilft Kompetenz, die z.B. in einem Planerkurs erworben werden kann.

Passivhausfenster

Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ist die optimale Wahl für transparente Bauteile in Mitteleuropa; und diese Qualität ist kostengünstig zu erhalten; solche Verglasungen gehören in einen adäquaten Rahmen: Solche sind in allen Fensterbauarten zu verfügbar und kosten ebenfalls kaum noch mehr als konventionelle Fenster – die Mehrinvestitionen zahlen sich innerhalb weniger Jahre zurück [Komp-Award 2015].

Bei den Verglasungen und beim Randverbund sowie bei der Ansichtsbreite der Fensterrahmen sind in den letzten Jahren beträchtliche Fortschritte gemacht worden. Das hat mehrere Konsequenzen:

- Die heute verfügbaren Passivhaus-Fenster sind bzgl. der Kennwerte nochmals um 15 bis 30% besser geworden. Das macht diese Fenster zu Energiegewinn-Fenstern. Sie nutzen im Winter Sonnenenergie weit effizienter (nämlich direkt) als jedes aktive System, verbessern aber dabei zugleich Lichtqualität und Behaglichkeit.
- Diese besseren Fenster erleichtern den Bau von energieeffizienten Gebäuden in bedeutendem Umfang – alle Bauvorhaben sind heute als Passivhaus planbar, die erforderlichen Dämmdicken sind immer geringer geworden.
- Energiesparendes Bauen wird durch sie immer wirtschaftlicher: Während durch das breite Angebot Passivhausfenster wirtschaftlich sehattraktiv sind, erlauben diese Fenster es zudem, Kosten an anderen Bauteilen einzusparen, weil der Passivhaus-Standard leichter erreicht wird.

Luftdichtheit

Luftin- und Exfiltration durch Gebäudehüllen ist der bedeutendste Schadenverursacher bei Gebäuden überhaupt: Daher müssen Hüllen sorgfältig dicht geplant und ausgeführt werden. Auch hier hat der Holzbau seine Hausaufgaben gemacht (...nach dem es anfangs völlig zu Unrecht hieß, dass dies für Leichtbaukonstruktionen schwierig sei). Alle zertifizierten Holzbausysteme weisen zugleich einwandfreie und praxistaugliche Luftdichtheitsdetails auf. Diese haben sich inzwischen in den zuerst ausgeführten Projekten über Jahrzehnte bewährt – Passivhaus-Planungshilfen zeigen, wie insbesondere Regelbauteile

und Anschlüsse dauerhaft luftdicht ausgeführt werden können. Diese Lösungen sind ebenfalls weder teuer noch besonders aufwendig – es handelt sich allein um eine Frage von Kompetenz und Planungssicherheit. Luftdichtheit kann an der Baustelle leicht geprüft werden: Luftdichtheits tests werden heute von vielen Büros als Standard-Dienstleistung angeboten; eine ganze Reihe von Holzbaubetrieben führen diese Qualitätssicherung inzwischen mit großem Erfolg selbst durch.

Komfortlüftung

Es ist heute unter Luftqualitätsfachleuten unstrittig, dass eine einwandfreie Raumluftqualität in Neubauten und bei Bausanierungen nur mit einer hygienisch projektierten Komfortlüftung erreichbar ist. Zumindest eine einfache Abluftanlage ist für die Regulierung des Feuchtehaushaltes von Wohnungen unverzichtbar – die Abluftanlagen erfordern allerdings nur Investitionen und sparen keine Energie ein – Zu/Abluft-Anlagen mit Wärmerückgewinnung tun das. Auch bei diesen Geräten gab es in den gerade vergangenen Jahren enorme Fortschritte: Die Datenbank der zertifizierten Komfortlüftungssysteme umfasst inzwischen über 240 Einträge. Auch diese Systeme sind immer effizienter geworden und verfügen über immer bessere technische Eigenschaften. Der entscheidende Vorteil der Komfortlüftung ist die messbar verbesserte Luftqualität; insbesondere Feinstäube, die im Außenraum durch un- und teilverbrannte Kohlenwasserstoffe, Reifen- und Straßenabrieb u.a. gegeben sind, erweisen sich als Gesundheitsrisiken. Ein F8 bzw. F9 Filter an der Außenluftansaugung hält die gefährlichsten Luftbelastungen (lungengängige Feinstäube) aus dem Innenraum fern – zudem sorgen die Filter für über Jahrzehnte saubere Luftleitungen und andere Anlagenkomponenten. Die modernen Komfortlüftungsgeräte haben Wärmebereitstellungsgrade von 85% und mehr. Die Verfügbarkeit von Planungshilfen für intelligente Konzepte wie Kaskadenlüftung und aktive Überstömung vereinfachen die Lüftungsplanung und helfen Investitions- und Wartungskosten sparen. Der bedeutendste Nutzen der Komfortlüftung ist die messbar verbesserte Hygiene und damit der Gesundheitsschutz.

2.3. Langjährige Erfahrungen, Dauerhaftigkeit, Performance

Das erste Passivhaus ist mit dem 1. Oktober 2016 seit 25 Jahren in Betrieb: Es ist ein Reihenhauses mit vier Einheiten und hat sich seit Inbetriebnahme durchschnittlich über alle vier Wohnungen mit einem jährlichen Heizenergieverbrauch von 8,4 kWh/(m²a) (in diesem Fall Erdgas) begnügt. Alle Systeme arbeiten nach wie vor einwandfrei [Feist/Ebel 2016]; in einer der Einheiten wird seit Oktober 2016 statt der Radiator-Erdgasheizung eine Wärmepumpenheizung (unter Einsatz eines {einzigsten!} Splitgerätes mit variabler Kompressor-Leistung) betrieben – Messergebnisse dazu werden im nächsten Jahr vorliegen; damit ist die einfache und völlige Umstellung auf den Passivhaus-Plus Betrieb erfolgt – eine Betriebsweise, die eine komplett erneuerbare Deckung des gesamten Energieverbrauchs ermöglicht; in dieser Weise kann das überall und sehr kostengünstig gemacht werden – es ist also eine generalisierbare Lösung, die nicht auf eine spezielle Situation am Standort angewiesen ist. Eine Photovoltaik-(PV)-Anlage mit insgesamt 26,6 m² Modulfläche sorgt für die zum Passivhaus-Plus gehörende erneuerbare Energieproduktion. Flächen dieser Größenordnung stehen für die überwiegende Zahl aller Wohnungen zur Verfügung – oft mehr, im vorliegenden Fall gib es zusätzlich eine bereits 1991 installierte thermische Solaranlage für die Warmwasserbereitung. Selbstverständlich ist das PV-System netzverbunden, denn im Sommer wird deutlich mehr Energie produziert, als benötigt wird. Das neue PER (Primärenergie Erneuerbare) Konzept trägt dem korrekt Rechnung – durch den Netzverbund ist mit diesem Konzept in der Region eine vollständig nachhaltige Versorgung im Gesamtsystem erreichbar – dazu gehören dann natürlich Windkraftanlagen und ein jahreszeitlicher Speicher (zumindest mit Biomasse für die winterliche Stromerzeugung, aber auch mit Erneuerbar erzeugtem Methan für die Speicherung der sommerlichen Überschüsse).

Das erste Passivhaus in Darmstadt Kranichstein hat ein Holz-Dach, mit Gründacheindeckung und Doppel-T-Leichtbauträgern als Sparrenkonstruktion. Es handelt sich hier sogar um ein «Warmdach», dessen Dauerhaftigkeit selbst mit dem Gründachaufbau erwiesen ist – es wurde im Zuge des «25-Jahre-Messprojektes» mit neuer Sensorik ausgestattet und gründlich nachuntersucht; alle Bauteile der Gebäudehülle sind auch nach der langen Nutzungszeit wie neuwertig – das betrifft auch die wärmegeämmten Holzfenster, deren Nutzungszeit auf mindestens noch einmal 25 Jahre eingeschätzt wurde (weil unverändert gegen Neuwert, trocken und formstabil). Selbst die nach 25 Jahren erneut durchgeführte Luftdichtheitsmessung ergab mit $n_{50}=0,21 \text{ h}^{-1}$ einen Wert, der mit der ursprünglichen Messung an der Baustelle 1991 im Rahmen der Messgenauigkeit übereinstimmt. Der Grenzwert für ein Passivhaus liegt bei $0,6 \text{ h}^{-1}$; dieser wird somit weit unterschritten. Insbesondere zeigt dies, dass die gewählten Konstruktionen und Anschlussdetails die erforderliche Dauerhaftigkeit aufweisen, und das auf Jahrzehnte ohne messbare Veränderung – und dies gilt auch für die eingesetzten Holzbaudetails und deren Verbindungen zu den Innen- und Außenwänden (eingeputzte Dichtungsbahn).

Zahlreiche weitere Passivhausprojekte der 90er Jahre sind Teil einer Langzeitanalyse. Auch sie haben sich bzgl. Dauerhaftigkeit bewährt – das gilt insbesondere auch für die Holzbaukonstruktionen, die bauphysikalisch einwandfrei, luftdicht und nachhaltig errichtet wurden. Die dazu maßgeblichen Gesetzmäßigkeiten des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransportes werden von zertifizierten Passivhaus-geeigneten Konstruktionen gesichert erfüllt.

Die «Performance»-Werte bzgl. Energieverbrauch sind bei einer großen Anzahl von Passivhausprojekten von unabhängiger Seite systematisch vermessen worden («Monitoring»; vgl. Literaturliste). Für alle Anwendungen (Wohnhäuser, Mehrgeschosswohnbau, Bürogebäude, Schulen, Kindergärten – selbst Sporthallen, Hallenbäder und Supermärkte) zeigt der Passivhaus-Standard im praktischen Betrieb extrem gering Heizwärmeverbrauchs-werte – die bei einem Drittel bis einem Fünftel der heute für Neubauten geltenden Verordnungen liegen; von einem «Performance-Gap» kann beim Passivhaus daher nicht die Rede sein. Selbstverständlich gibt es durch unterschiedliches Nutzerverhalten bedingte Verbrauchsdifferenzen – diese schwanken jedoch um ein mittleres Profil; dieses liegt einer ehrlichen Bilanzierung mit dem Passivhaus-Planungswerkzeug PHPP zu Grunde.

2.4. Planungsgrundlage: Das PHPP und DesignPH

Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Planung und Umsetzung von Häusern mit wirklich nachhaltiger Energiebilanz ist ein zuverlässiges Planungstool, das nicht nur die zu erwartenden Energiekennzahlen wiedergibt, sondern auch die Bauphysik sicher abdeckt, die Komfortziele einbezieht (für Winter und Sommer) und dass die Planer spielerisch auf gute Lösungen hinführen. Diese Aufgaben erfüllt seit Jahrzehnten das Passivhaus Projektierungspaket [PHPP]. Es ist das einzige heute verfügbare Tool, das weltweit für alle Gebäude-Planungsaufgaben einsetzbar ist; Kernziele der Entwickler waren und sind dabei immer:

- Die Überprüfung der Ergebnisse an den tatsächlich gebauten Projekten. Dadurch konnten die wirklich relevanten baulichen Einflussgrößen erkannt werden, die Grundlage des Planungsleitfadens sind (vgl. oben, Abschnitt 2.2).
- Die strikte Befolgung der physikalisch zutreffenden Ansätze; die Physik ist eben überall auf dem Planeten (und nicht nur auf diesem) die Gleiche – den Gesetzen der Physik zu folgen ist eine gute Idee (... zumal diese ohnehin nicht umgangen werden können; der Versuch, sie zu ignorieren, erzeugt vorhersehbare Probleme).
- Eine möglichst nutzerfreundliche Handhabbarkeit.

Letzteres ist mit dem 3-D-Eingabetool «DesignPH» inzwischen in einer für Architekten, Planer und Holzbauer besonders leicht handhabbaren Form möglich: Das Gebäude kann mit wenigen graphischen Eingaben von der Grundfläche her «hochgezogen» werden. Die Gebäudehülle wird automatisch erkannt und in PHPP-Daten umgesetzt, sogar Wärmebrückenanschlüsse werden identifiziert – für den Planer ist so eine spielerische Umsetzung der Passivhaus-Projektierung möglich.

3. Fazit

Im Holzbau sind heute Passivhäuser für alle Bauaufgaben und in allen Klimazonen – und sogar unter zunächst als «ungünstig» erscheinenden Randbedingungen plan- und baubar.

Durch den Passivhausstandard wird nicht nur eine gute Energiebilanz erreicht – auch die Dauerhaftigkeit, der Komfort und die Raumluftqualität stimmen automatisch.

Der Passivhausstandard ist heute mit sehr geringen Zusatzinvestitionen erreichbar; insbesondere im Holzbau ist dies ökonomisch (zumaß bei den heute geringen Zinsen) der attraktivste energetische Standard.

Neue Passivhäuser sind mit überall einsetzbaren PV-Elementen ohne Kompromisse für die architektonische Gestaltung als «Passivhaus Plus» umsetzbar. Das stellt sicher, dass diese Gebäude auch künftig in einer nachhaltigen erneuerbaren Energiestruktur funktionieren. Das Passivhaus garantiert, dass die Winterlücke so gering bleibt, dass eine nachhaltig erneuerbare Energiestruktur nicht nur möglich, sondern auch bezahlbar und vom Landnutzungsanspruch vertretbar bleibt (dazu hat das PHI die neue PER – Berechnung «Primärenergie Erneuerbar», eingeführt). Das Passivhaus genügt daher schon heute allen denkbaren Anforderungen an energieeffiziente Gebäude der Zukunft.

Für die Planung und den Bau von Passivhäusern stehen alle erforderlichen Komponenten und Werkzeuge zur Verfügung:

- Das Planungswerkzeug PHPP, nicht nur als Energiebilanztool, sondern als Leitfaden für Entwurf und Detaillierung.
- Das 3-D-Entwurfsprogramm «DesignPH», mit dem zeichnerisch der gesamte Projektierungsprozess zielsicher ausgeführt werden kann.
- Zertifizierte Passivhaus-Komponenten, Fenster, Verglasungen, Lüftungsgeräte, bei denen durch eine treffsichere Kriterienwahl und sorgfältige Prüfung erreicht wird, dass diese die Kennwerte im praktischen Betrieb einhalten, auf die sich Architekten und Planer verlassen müssen.
- Ausbildungsangebote, mit denen sich Architekten, Planer, Zimmerleute und das gesamte Handwerk bzgl. der Elemente der energieeffizienten Planung unter Rückgriff auf die gesammelten Erfahrungen aus tausenden erfolgreichen Passivhaus-Projekten kompetent machen können.

Durch die systematisch vorgehende Passivhaus-Forschung und die Entwicklung der erforderlichen Komponenten ist Europa damit insgesamt ausgestattet mit einem Fundus an Know-how, um die Schritte in eine nachhaltige Energiezukunft erfolgreich gehen zu können – und dabei nicht nur den Klimaschutz und die Energiesituation zu meistern, sondern auch die Dauerhaftigkeit, die Wohnqualität und die Wohngesundheit zu verbessern. Die bei der hohen Energieeffizienz des Passivhauses hierfür erforderlichen Investitionen sind überschaubar; sie sind bei heutigen Randbedingungen rentabel, insbesondere, weil die Kombination von kostengünstig erreichbarer Effizienz und leicht kombinierbarer Erneuerbarer Erzeugung (PV an geeigneten Außenflächen) den Bau kaum verteuert.

4. Quellenverzeichnis

[Feist 2014] Passivhaus – das nächste Jahrzehnt; im Tagungsband der 18. Internationalen Passivhaustagung, Aachen-Darmstadt 2014.

[Feist/Ebel 2016] 25 Jahre Passivhaus Darmstadt Kranichstein, Forschungsbericht, Darmstadt/Wiesbaden 2016.

[Feist/Loga/Großklos 2000] Feist, W.; Loga, T. und Großklos, M.: Durch Messungen bestätigt – Jahresheizenergieverbrauch bei 22 Passivhäusern in Wiesbaden unter 15 kWh/m² Wohnfläche, in BundesBauBlatt, 3/2000, S. 23-27.

[Johnston 2014] D. Johnston, D. Farmer, M. Brooke-Peat & D. Miles-Shenton (2014): «Bridging the domestic building fabric performance gap», Building Research & Information, DOI: 10.1080/09613218.2014.979093; Research Paper.

[Komp-Award 2015] Passivhaus-Komponenten-Award 2015, PH-Fensterlösungen, http://bit.ly/PH_Fenster_Komp).

[Ebel 2003] Ebel, W.; Großklos, M.; Knissel, J.; Loga, T. und Müller, K.: Wohnen in Passiv- und Niedrigenergiehäusern – Eine vergleichende Analyse der Nutzungsfaktoren am Beispiel der «Gartenhofsiedlung Lummerlund» in Wiesbaden-Dotzheim, Endbericht / Energie; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2003.

[Peper/Feist 2001] Peper, Sören; Feist, Wolfgang: Messtechnische Untersuchung und Auswertung - Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover-Kronsberg; 1. Auflage, Proklima, Hannover 2001; dieser Bericht kann kostenlos beim Passivhaus Institut bezogen werden.

[Peper/Feist 2002] Peper, Sören; Feist, Wolfgang: Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover-Kronsberg Analyse im dritten Betriebsjahr; 1. Auflage, Proklima, Hannover 2002; dieser Bericht kann kostenlos beim Passivhaus Institut bezogen werden.

[Peper 2015] Peper, Sören: Bahnstadt Heidelberg, Minimalmonitoring für ausgewählte Gebäudekomplexe. Zwischenbericht 2014. Im Auftrag der Stadt Heidelberg. Passivhaus Institut Juli 2015; dieser Bericht kann kostenlos beim Passivhaus Institut bezogen werden.

[PHI 2015] 2. Passivhaus Architekturpreis; Passivhaus Institut, Darmstadt 2014 (http://j.mp/PH_award2).

[Krick 2016] Krick, Benjamin: Die Zertifizierungsstandards Passivhaus-Plus und Passivhaus-Premium, 20. Internationale Passivhaustagung, Darmstadt 2016.

[PHPP] Passivhaus-Projektierungspaket. Passivhaus Institut, (www.passiv.de) 1998 – 2016.

[Reiß/Erhorn 2003] Reiß, Johann und Erhorn, Hans: Messtechnische Validierung des Energiekonzeptes einer großtechnisch umgesetzten Passivhausentwicklung in Stuttgart-Feuerbach, IBP-Bericht WB 117/2003, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart 2003.

[Schnieders/Feist 2001] Schnieders, Jürgen; Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer; Kah, Oliver: CEPHEUS - wissenschaftliche Begleitung und Auswertung, Endbericht, Projektinformation Nr. 22, 1. Auflage, Passivhaus Institut, 2001.

[Treberspurg 2010] Univ. Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg; DI Roman Smutny; Ass. Prof. Dr. Alexander Keul; Grüner, Roman: «Energy monitoring in existing Passive House housing estates in Austria», in: proceedings of the 14th international passive house conference (English edition), Passive House Institute, Dresden and Darmstadt 2010 ISBN 978-3-00-031154.