

2025

MAUERWERK KALENDER



Sonderdruck

Nachhaltigkeit im
Praxis-Check – Das
kann die monolithische
Bauweise wirklich!

Juliane Nisse
Thomas Maucher
Julius Grimm

B Gestaltung und Konstruktion (Neubau)

**B 2 Nachhaltigkeit im Praxis-Check –
Das kann die monolithische Bauweise wirklich!**

Juliane Nisse, Thomas Maucher und Julius Grimm

Sonderdruck aus:

Mauerwerk-Kalender 2025: Aspekte der Nachhaltigkeit.

Herausgegeben von Detleff Schermer und Eric Brehm.

© 2025 Ernst & Sohn GmbH. Published 2025 by Ernst & Sohn GmbH.

ISBN 978-3-433-03445-3

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	111	4	Vorstellung des NH-Pilotprojekts	116
2	Anforderungen an moderne, nachhaltige Wohngebäude	111	4.1	Meilensteine des Projekts in der Planung	118
2.1	Anforderungen an die Energieeffizienz (EE)	112	4.2	Meilenstein I (Projektinitiierung)	118
2.2	Anforderungen an das Nachhaltige Bauen (NH)	112	4.3	Meilenstein II (Planungsphase) – Ausgewählte Ergebnisse	120
2.3	Anforderungen für das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)	114	4.3.1	Ergebnisse der Energiebilanz	123
2.4	Anforderungen Förderung (Zusammenfassung)	115	4.3.2	Ergebnisse der Ökobilanzierung	125
3	NH-Initiative für das Bauen mit Ziegelprodukten	116	4.3.3	Ergebnisse der Lebenszykluskostenberechnung	127
3.1	Die Idee	116	4.3.4	Ergebnisse für die Barrierefreiheit	129
3.2	Die Bedeutung des „klimabewusstbauen“-Prinzips	116	4.3.5	Ergebnisse der Tageslichtversorgung und des sommerlichen Wärmeschutzes	129
			4.4	Meilenstein III – Ausschreibung	131
			4.4.1	Nachweis der Schadstofffreiheit	132
			4.4.2	Nachweis von nachhaltigem Holz	132
			4.5	Meilenstein IV – Bauausführung	133
			4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Pilotprojekt	135
			5	Fazit und Ausblick	139
				Literatur	139

1 Einleitung

Das nachhaltige Bauen ist bei weitem keine neue Thematik, doch hat es in den vergangenen Jahren einen enormen Aufschwung erfahren. Die Entwicklungen der Nachhaltigkeitszertifizierung hin zu unseren heute existierenden Bewertungssystemen haben – beginnend um die Jahrtausendwende – in Deutschland über mehrere Jahrzehnte hinweg stattgefunden. Seit Mitte des Jahres 2021, in welchem zum ersten Mal in der deutschen Förderlandschaft ein Bonus-Paket für Nachhaltiges Bauen verankert wurde, befindet sich das nachhaltige Bauen auf der Überholspur (siehe Bild 1). Dieser erste Schritt in Richtung einer profunden und langfristigen Nachhaltigkeitswende im Bauen markiert einen bedeutenden Paradigmenwechsel, welcher in rasantem Tempo die Planung von Gebäuden zu mehr Nachhaltigkeit, Klimawirksamkeit und Zukunftsfähigkeit umstrukturiert. Heute, nur knapp zwei bis drei Jahre später, zielen die Entwicklungen der deutschen Förderpolitik auf Nachhaltigkeitskriterien als alleinige Anforderungen zur monetären Unterstützung im Neubaubereich. Mit anderen Worten: Das Thema Nachhaltigkeit und Ökobilanzierung ist heute in der Neubauförderung nicht mehr wegzudenken. Die fortschreitenden Entwicklungen zeigen zudem ganz klar, dass über kurz oder lang auch in den gesetzlichen Standards und Anforderungen Nachhaltigkeitsthemenfelder eine immer größere Rolle spielen werden. Um diese Themenbereiche heute und in Zukunft in den Planungsprozessen zu etablieren, müssen Abläufe frühzeitig in den „neuen“ Richtungen mitgedacht und -geplant und die interdisziplinäre Zusammenarbeit stärker in den Fokus gerückt werden. Für Planungsbüros bedeutet dies eine einschneidende und aufwendige Umstrukturierung und Anpassung bisheriger Planungsalgorithmen, welche nicht von heute auf

morgen zu bewerkstelligen sind. Zu verlockend ist daher die Möglichkeit einer Beurteilung auf Material- oder Baustoffebene in der scheinbaren Annahme, die Wahl des Baustoffs allein gäbe den entscheidenden Ausschlag für nachhaltige und zukunftsgerichtete Lösungen. Doch eine eindimensionale Sichtweise wie diese wird dem Nachhaltigen Bauen in keiner Weise gerecht und birgt die Gefahr einer fehlgesteuerten Kurzsichtigkeit.

Erklärtes Ziel der Autoren ist es, zu zeigen, dass eine nachhaltige Planung und Umsetzung zwar ein Mehr an frühzeitiger Integration anderer Planungsbeteiligter ebenso wie ein Mehr an Dokumentation und Abstimmungsaufwand darstellt, dass sich dieser Aufwand jedoch gut in bestehende Strukturen einbinden lässt und so eine ganzheitliche Optimierung erreicht werden kann. Das Ganze ist keine Zauberei, sondern auf viele andere Lösungsansätze übertragbar und dabei baustoff- und technologieoffen.

2 Anforderungen an moderne, nachhaltige Wohngebäude

Worum geht es beim Nachhaltigen Bauen? Es geht um die Optimierung verschiedenster Nachhaltigkeitsaspekte, welche ein Gebäude auf lange Sicht, für nachfolgende Generationen und unabhängig von einem möglichen Nutzer „interessant“ gestalten. Die Nachhaltigkeitsthemenfelder greifen wie Zahnräder ineinander (siehe Bild 2) und die Fertigkeit des Nachhaltigkeitsauditors besteht darin, zu wissen bzw. abschätzen zu können, wie weit die Rädchen gedreht (d. h. optimiert) werden können, ohne andere wichtige Bereiche zu verschlechtern.

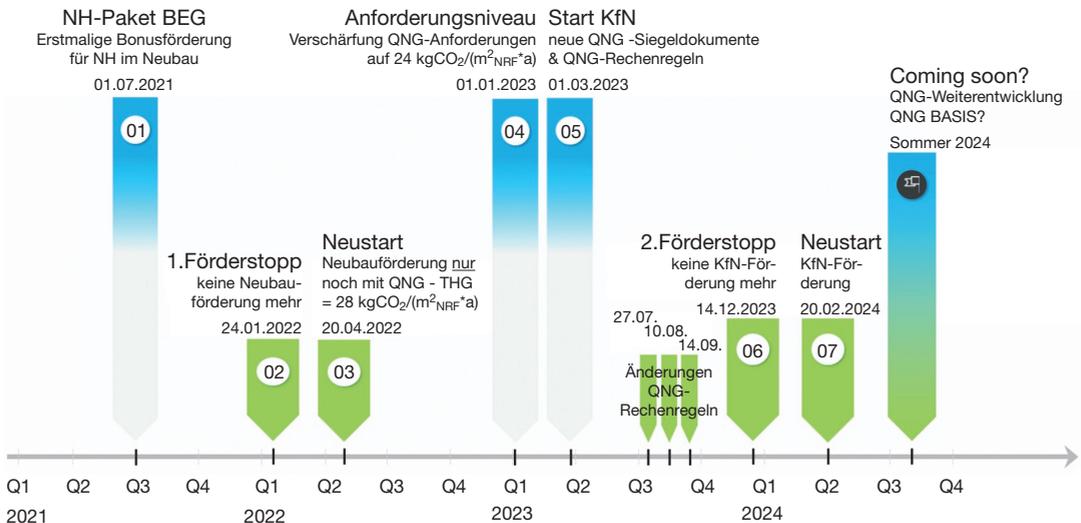


Bild 1. Meilensteine in der Neubauförderung nach Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) (Bildquelle: BV Ziegel)

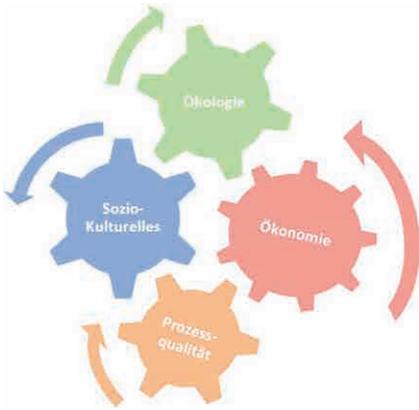


Bild 2. Schematische Darstellung der Abhängigkeit von Nachhaltigkeitsaspekten (z. B. beim BNK/BNG-Gütesiegel) (Bildquelle: BV Ziegel)

2.1 Anforderungen an die Energieeffizienz (EE)

Während noch vor ca. zweieinhalb Jahren Förderkonditionen an reine Effizienzkriterien geknüpft waren, werden diese heute durch zusätzliche Nachhaltigkeitskriterien flankiert, da die Gesamtheit all dieser Kriterien eine größere Lenkungswirkung für die Klimaziele der deutschen Bundesregierung entfaltet. Somit sind die Energieeffizienzkriterien auch heute noch Teil der Förderbedingungen im Neubaubereich. Voraussetzung für eine Neubauförderung ist der energetische Standard „Effizienzhaus 40“ (EH 40), welcher konkret beinhaltet, dass die Qualität der Gebäudehülle 45% unter dem Wert des Referenzgebäudes¹⁾ liegen muss, während der Jahresprimärenergiebedarf den Referenzwert um mind. 60% unterschreiten muss.

1) Das Referenzgebäudeverfahren wurde mit der EnEV 2007/09 verbindlich eingeführt und beinhaltet folgende maßgebliche Regelung. Für den Nachweis eines Gebäudes ist dieses bei gleichbleibender Geometrie, Ausrichtung und Nutzung zweimal zu berechnen. Im ersten Fall werden für die Berechnung der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik Referenzwerte nach der gesetzlichen Grundlage verwendet, das Ergebnis ist der Anforderungswert. Die zweite Berechnung erfolgt mit real geplanten Aufbauten für die Gebäudehülle und mit einer realen Gebäudetechnik. Die Werte der realen Berechnung müssen unter den Anforderungswerten der Referenzberechnung liegen, um den Nachweis zu erfüllen.

2.2 Anforderungen an das Nachhaltige Bauen (NH)

In Deutschland gibt es für Wohngebäude verschiedene Zertifizierungssysteme für das Nachhaltige Bauen (NH):

- Bewertungssystem Nachhaltige Gebäude (BNK/BNG-Gütesiegel), anwendbar für alle Wohngebäude;
- Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh), anwendbar für Wohngebäude mit sechs und mehr Wohneinheiten;
- Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Gebäude (DGNB), anwendbar für Wohngebäude mit bis zu sechs (Modul: DGNB – Kleine Wohngebäude) und mehr als sechs Wohneinheiten (DGNB – Wohnen).

Soll also ein Wohngebäude ein Nachhaltigkeitszertifikat nach einem dieser Systeme erhalten, so muss es in Anlehnung an die Rechenregeln und Benchmarks des jeweiligen Systems bewertet werden. Um zu veranschaulichen, wie das konkret vorstättengeht, soll anhand des BNK/BNG-Systems die Bewertung aufgezeigt werden (s. Bild 3), wobei die Farbgebung den folgenden NH-Hauptkriterienfeldern zuzuordnen ist: Sozio-Kulturelles (blau), Ökonomie (rotbraun), Ökologie (grün), Prozessqualität (orange). Die Hauptkriterienfelder des BNK/BNG-Systems lassen sich in Teilbereiche (Kriteriensteckbriefe) untergliedern, welche jeweils ein bestimmtes Gewicht im Hinblick auf die Nachhaltigkeitsbewertung des Gebäudes als Ganzes erhalten. Die Bewertung jedes Kriteriensteckbriefs ist hinsichtlich der anzuwendenden Methodik und Nachweisform eindeutig beschrieben und wird über die steckbriefabhängigen Benchmarks beurteilt. Dabei gelten folgende Grundsätze:

1. Es müssen alle Kriterien/Steckbriefe bewertet werden (Vollständigkeitsprinzip).
2. Jedes Einzelkriterium muss mit mind. einem Bewertungspunkt (= 10%-Erfüllungsgrad) bewertet werden.
3. Für das gesamte Gebäude ist mind. ein Erfüllungsgrad von 50% (Summe aller Einzelkriterien) zu erreichen.

Bei der Nachhaltigkeitszertifizierung gilt das performance-orientierte, ganzheitliche Bewertungsprinzip. Oder anders gesagt, die schlechte Bewertung eines Kriteriums kann durch die bessere Bewertung eines anderen Kriteriums „ausgeglichen“ werden, solange die Einhaltung der Mindestanforderungen (siehe Grundsätze 1, 2 und 3) gewährleistet ist. Anhand von Bild 4 lässt sich das jeweilige Einzelgewicht der Kriterien anschaulich darstellen.

Für jedes der in Bild 3 aufgeführten Kriterien sind Bewertungsmethodik, Benchmarks und Vorgaben für ggf. durchzuführende Berechnungen durch das Zertifizierungssystem vorgeschrieben. Hier gibt es also Kriterien, für die eine aufwendige Berechnung durchzuführen ist, z. B. die Ökobilanzierung oder der Schallschutz. Andere Kriterien wiederum werden über ein Punkte-

	Nr.	Kriterium/Indikator	Gewicht
Sozio-Kulturelles	1.1.1	Wohngesundheit: Innenraumlufthygiene	5,769 %
	1.1.2	Wohngesundheit: Trinkwasserhygiene	1,923 %
	1.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz	1,923 %
	1.3.1	Tageslichtverfügbarkeit	1,923 %
	1.4.1	Schallschutz	3,846 %
	1.5.1	Haustechnik: Bedienfreundlichkeit und Informationsgehalt der Steuerung	1,923 %
	1.6.1	Sicherheit: Präventive Schutzmaßnahmen gegen Einbruch	1,923 %
	1.6.2	Sicherheit: Brandmeldung und Brandbekämpfung	1,923 %
	1.7.1	Barrierefreiheit	3,846 %
LCC	2.1.1	Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus	25,000 %
Ökologie	3.1.1	Ökobilanz: Treibhauspotenzial und andere Umweltwirkungen	7,353 %
	3.1.2	Ökobilanz: Primärenergie	7,353 %
	3.2.1	Dezentrale Erzeugung regenerativer Energie	2,941 %
	3.3.1	Einsatz von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung	2,941 %
	3.4.1	Einsatz von Wasserspararmaturen	1,471 %
	3.5.1	Flächenausnutzung	2,941 %
Prozess	4.1.1	Beratungsgespräch und Zielvereinbarung	6,250 %
	4.2.1	Gebäudeakte inkl. Nutzerhandbuch	9,375 %
	4.3.1	Qualitätssicherung	9,375 %

Bild 3. BNK/BNG-Steckbriefe mit Gewichtung für Gesamt-Gebäudebewertung
(Quelle: Bauinstitut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (BiRN))

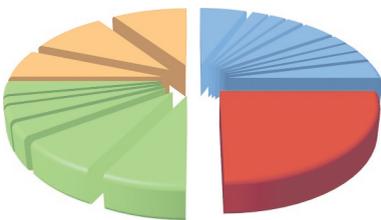


Bild 4. Schematische Darstellung – Gewichtung der Kriteriensteckbriefe des BNK/BNG-Systems;
(Bildquelle: BV Ziegel)

system bewertet, welches zumeist mit konstruktiven Argumenten bestückt ist, so z. B. das Kriterium „Präventive Schutzmaßnahmen gegen Einbruch“. Folglich ergeben sich für die Optimierung dieser Kriterien unterschiedlich aufwendige planerische Maßnahmen. Einen Überblick über das jeweilige Optimierungspotenzial und den dafür erforderlichen Zusatzaufwand gibt Bild 5. Dabei sind die Ampelfarben als grobe Orientie-

rung zu verstehen und die Bezeichnung der Spalten soll mit einigen Beispielen verdeutlicht werden:

- Gespräche/Protokoll/Dokumentation = Fleißarbeit,
- Simulation = zusätzlicher Planungsaufwand (jedoch nachträglich möglich),
- Messungen = zusätzliche Kosten und zusätzlicher Aufwand (ggfs. mit Folgen),
- Übererfüllung gesetzlicher Standards = zusätzlicher Planungsaufwand (Optimierung begrenzt möglich),
- zusätzliche TGA (auch Digitalisierung) = zusätzliche Kosten (teilweise nachrüstbar, z. B. Rauchmelder oder Löschdecke),
- bauliche Maßnahmen = zusätzliche Kosten (teilweise nachrüstbar, z. B. einbruchssichere Haustür),
- bessere Grundrissplanung = vollständige Umplanung (hoher Aufwand).

	Nr.	Gespräche / Protokolle / Dokumentation	Simulation	Messungen	Übererfüllung gesetzlicher Anforderungen	zusätzliche TGA (auch Digitali- sierung)	bauliche Maßnahmen	bessere Grundriss- planung
SOZIO-KULTURELLES	1.1.1							
	1.1.2							
	1.2.1							
	1.3.1							
	1.4.1							
	1.5.1							
	1.6.1							
	1.6.2							
	1.7.1							
LCC	2.1.1							
ÖKOLOGIE	3.1.1							
	3.1.2							
	3.2.1							
	3.3.1							
	3.4.1							
	3.5.1							
PROZESS	4.1.1							
	4.2.1							
	4.3.1							

Bild 5. BNK/BNG-Steckbriefe – Optimierungspotenzial (Bildquelle: BV Ziegel)

2.3 Anforderungen für das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)

Die Erarbeitung und Novellierung der Richtlinie zur Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) obliegt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und wurde zuletzt am 01.03.2023 überarbeitet. Man unterscheidet bei der BEG-Richtlinie zwischen Sanierungs- und Neubauförderung. Für die Sanierungsförderung gibt es im Wohngebäudebereich grundsätzlich zwei Förderprogramme:

- BEG-WG = systemische Maßnahmen (ganzes Gebäude) [1] und
- BEG-EM = Einzelmaßnahmen (Bauteilebene) [2].

Die Neubauförderung im Wohngebäudebereich wird KfN (Klimafreundlicher Neubau) genannt und obliegt dem Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB). In dieser Richtlinie sind die Konditionen für die Förderung des Bauens in Deutschland bis zum Jahr 2030 festgeschrieben [3]. Die BEG-KfN unterscheidet zwei Förderstufen:

- Stufe 1 = Einstiegsförderung (Kurzbezeichnung KFWG, s. Tabelle 1):
- Der energetische Standard des geplanten Neubaus muss mind. EH 40 aufweisen.

Tabelle 1. Anforderungen für Förderstufe 1 (Einstiegsförderung) – Stand 2024-03 (Quelle: BV Ziegel)

Energetischer Standard	Ökobilanz nach QNG-Rechenregeln für den vollständigen Gebäudelebenszyklus
	
$Q_{P,real} \leq 0,40 \cdot Q_{P,Ref}$ $H_{T',real} \leq 0,55 \cdot H_{T',Ref}$	$GWP \leq 24 \text{ kgCO}_2\text{-Äq}/(\text{m}^2_{NRF} \cdot \text{a})$

- Für das geplante Gebäude ist eine vollständige Ökobilanzierung nach den Regeln des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG²) durchzuführen und der errechnete Wert muss mind. die QNG-Plus-Anforderung für Treibhausgasemissionen einhalten.

2) Für das QNG-Siegel ist das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) zuständig.

Tabelle 2. Anforderungen für Förderstufe 2 (erweiterte Förderung), Stand 2024-03 (Quelle: BV Ziegel)

Energetischer Standard	NH-Zertifikat	Ökobilanz nach QNG-Rechenregeln für den vollständigen Gebäudelebenszyklus
		
$Q_{p,real} \leq 0,40 \cdot Q_{p,Ref}$ $H_{T',real} \leq 0,55 \cdot H_{T',Ref}$	Mindesterfüllungsgrad Gesamtgebäude 50 % (Bronze-Siegel)	QNG-Plus/Premium

Stufe 2 = erweiterte Förderung (Kurzbezeichnung KFWG-Q, s. Tabelle 2):

- Der energetische Standard des geplanten Neubaus muss mind. EH 40 aufweisen.
- Das geplante Gebäude muss nach einem der in Deutschland anerkannten Zertifizierungssysteme für Nachhaltiges Bauen zertifiziert werden. Es gilt dabei das Vollständigkeitsprinzip und die Prämisse, dass jedes Einzelkriterium den Mindestwert erreichen muss, während gleichzeitig die Gesamt-Gebäude-Bewertung einen Erfüllungsgrad von mind. 50% aufweisen muss.
- Die Einhaltung der Punkte 1 und 2 vorausgesetzt, müssen zusätzlich die Anforderung des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) je nach Gebäudetyp eingehalten werden.

Für die zweite Förderstufe greift die BEG-KfN auf das staatliche Gütesiegel QNG zurück. Dieses Siegel wurde entwickelt, um die unterschiedlichen Zertifizierungssysteme, die in Deutschland zugelassen sind, für eine bundesweite Förderung vergleichbar zu machen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass jedes NH-Zertifizierungssystem für die Systemanforderungen des QNG-Siegels nachweisen muss, dass die Bewertung im Sinne des QNG und dessen Zielsetzung angesehen werden kann (Pflicht der Zertifizierungsstellen). Ist das System für QNG zugelassen, darf es für die förderfähige NH-Zertifizierung verwendet werden. Für ein nach-

haltiges Wohngebäude, welches eine Förderung für private Bauherren erlangen soll, müssen zusätzlich zu den bereits nachgewiesenen Anforderungen des NH-Zertifikates die Mindestanforderungen nach Tabelle 3 eingehalten werden.

2.4 Anforderungen Förderung (Zusammenfassung)

Ein neues Gebäude, für das nach heutigen Vorgaben die maximale Förderung für einen klimafreundlichen Neubau erlangt werden soll, muss in Summe folgende Anforderungen erfüllen:

- energetische Anforderungen für Effizienzhautstandard 40,
- Anforderungen NH-Zertifikat,
- Zusatzanforderungen QNG.

Wenn die genannten Anforderungen eingehalten werden, kann der Antrag auf Förderung zu den auf den Seiten der KfW angegebenen Förderkonditionen³⁾ durch einen verpflichtend einzubindenden Energieeffizienz-Experten erfolgen.

3) Online unter [www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Klimafreundlicher-Neubau-Wohngebäude-\(297-298\)](http://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Klimafreundlicher-Neubau-Wohngebäude-(297-298)).

Tabelle 3. Übersicht über detaillierte QNG-Anforderungen (Stufe 2) für WG, Stand 2024-03

Gebäudeanforderungen	Plus	Premium
Treibhausgas und Primärenergie	24 kg CO ₂ -Äq/(m ² _{NRf} a) 96 kWh/(m ² _{NRf} a)	20 kg CO ₂ -Äq/(m ² _{NRf} a) 64 kWh/(m ² _{NRf} a)
Nachhaltige Materialgewinnung (wenn Holz, dann aus nachweislich nachhaltiger Forstwirtschaft)	mind. 50 %	mind. 80 %
Schadstoffvermeidung in Baumaterialien (Einhaltung der QNG-Anforderungen)	verpflichtende Erklärung aller ausführenden Firmen	Nachweis der Erfüllung für alle verbauten Materialien
Barrierefreiheit bei > 6 WE (absatzfreie Zugänge, ausreichende Tür- und Flurgrößen, Attraktivität und Sicherheit)	mind. 80 % der WE müssen „ready besuchsgesiegt“ sein	alle WE „ready plus“

3 NH-Initiative für das Bauen mit Ziegelprodukten

3.1 Die Idee

Die aktuellen Entwicklungen hinsichtlich der Förder-systematik stellen alle am Bau Beteiligten, sprich Planer, Architekten, Energieberater, Auditoren für Nachhaltiges Bauen, Bauträger und viele weitere gleichermaßen vor enorme Herausforderungen. Die Geschwindigkeit, mit der Förderrichtlinien und Förderkonditionen im Jahr 2022 geändert, umgestellt, gestoppt und wieder gestartet wurden (s. Bild 1), macht deutlich, dass auf nachhaltiges Bauen abgestimmte, integrale Planungsprozesse schnellstmöglich in der gängigen Praxis etabliert werden müssen.

Aus dieser Situation heraus entstand die Initiative „klimabewusstbauen“, denn jüngst stellte das renommierte Bauunternehmen Grimm GmbH seinem ortsansässigen und engagierten Zulieferer von Ziegeln, dem Ziegelwerk Bellenberg, eine entscheidende Frage:

„Können wir in Zukunft, wenn unsere Kunden eine Neubauförderung anstreben, überhaupt noch mit Ziegelprodukten bauen?“

Diese simple Frage brachte den (Ziegel-)Stein ins Rollen. Der Ziegel ist ein Multitalent und erfüllt aufgrund seiner Eigenschaften als Naturprodukt und seiner Langlebigkeit die heutigen Anforderungen an Nachhaltigkeit wie kein anderer Baustoff. Daher ist klar: Worte allein reichen hier nicht, sondern es müssen Taten folgen. Nicht nur für das „Hier und Jetzt“, sondern auch für die kommenden Jahre sollte eine fachkundige Antwort mit Bezug auf konkrete Ziegelbauten geschaffen werden. Gemeinsam mit dem Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. entstand hier eine schlagkräftige und fachkundige Partnerschaft mit Innovationsgeist und digitalem Know-how.

Was die drei genannten Projektpartner antreibt, ist ihre Affinität zum Baustoff Ziegel und ihre tiefe Überzeugung, dass nachhaltiges Bauen durch seinen ganzheitlichen Ansatz für Technologieoffenheit steht und nachweislich mit allen Bauweisen planbar, baubar und förderfähig ist.

Die Mission ist klar:

- Aufräumen mit den gängigen Irrtümern im Hinblick auf das nachhaltige Bauen und die Neubauförderung;
- Aufklären, dass nachhaltiges und förderfähiges Bauen mit Ziegelprodukten möglich und sinnvoll ist;
- Aufzeigen von Lösungen für eine zielorientierte und wirtschaftliche Umsetzung.

Um diese Mission in einen aktuellen Praxisbezug zu übersetzen, werden reale Planungsobjekte der Initiative „klimabewusstbauen“ eng begleitet und die bestimmenden Parameter, welchen hinsichtlich NH-Zertifizierung und QNG-Förderung eine große Bedeutung zukommt, in einem projektbegleitenden Bericht aufgearbeitet (siehe Abschnitt 4). Aus der Projektbeglei-

tung für das NH-Pilotprojekt lassen sich Hinweise und Handlungsanweisungen für eine praxisorientierte und reproduzierbare Planung und Umsetzung ableiten. Erklärtes Ziel der Initiatoren ist der endgültige und nachvollziehbare Beweis für die NH- und QNG-Fähigkeit der Ziegelbauweise. Die Technologieoffenheit für zukünftige Weiterentwicklungen in der Neubau-Förder-systematik muss gewahrt bleiben, um der Ziegelbauweise als Bauweise der Vergangenheit, der Gegenwart und der Zukunft weiterhin gerecht zu werden.

3.2 Die Bedeutung des „klimabewusstbauen“-Prinzips

Die Begrifflichkeit „klimabewusstbauen“ steht für das Verantwortungsbewusstsein der Projektpartner, welche reale Bauvorhaben ganz im Sinne einer nachhaltigen, zielorientierten, die klimatischen Folgen berücksichtigenden, förderfähigen Leitlinie, planen und umsetzen. Das klimabewusstbauen-Prinzip ist also ein Weg in die Zukunft des Bauens und die Einhaltung von Förderbenchmarks und/oder Nachhaltigkeitskriterien stellt dabei einen – wenn auch sehr wichtigen – Teil des Ganzen dar.

4 Vorstellung des NH-Pilotprojekts

Die praxisbezogene Umsetzung eines nachhaltig geplanten und KfN-geförderten, vollständig unterkellerten Mehrfamilienwohnhauses in monolithischer Ziegelbauweise soll anhand des im weiteren Text dargestellten Pilotprojekts veranschaulicht werden. Im Verlauf der Planung und der Umsetzung werden immer wieder Änderungen bzw. Anpassungen erforderlich, um die Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien sowie der QNG-Anforderungen zu gewährleisten.

Tabelle 4 liefert wichtige Eckdaten des Pilotprojekts und verschafft dem Leser einen guten Einblick in Kennwerte, die vor allem für den zukünftigen Gebäudenutzer von Interesse sind. Bild 6 zeigt die Regelgeschosse des Pilotprojekts.

Tabelle 4. Wichtige Eckdaten und geometrische Kennwerte des Pilotprojekts

Eckdaten	
Anzahl der Wohneinheiten	6
Wohnungsmix (bei Wohnflächen von 78 bis 115 m ²)	2 × 2 Zimmer 2 × 3 Zimmer 2 × 4 Zimmer
Kellergeschoss (keine Tiefgarage)	vollständig beheizt
Heizungssystem (inkl. Warmwasserbereitung)	Wärmepumpe (Sole-Wasser)
Photovoltaik (mit Stromspeicher)	ja
Geometrische Kennwerte	
Beheiztes Gebäudevolumen V_e	2840,3 m ³
Energiebezugsfläche A_N	908,9 m ²
Wohnfläche nach DIN 277	602,1 m ²
beheizte Nettogrundfläche (A_{NGF})	719,3 m ²
Nettoraumfläche (A_{NRF})	719,3 m ²
Bruttogrundfläche (A_{BGF})	942,1 m ²
Fläche der thermischen Gebäudehülle A	1254,6 m ²
Fensterfläche A_W	118,8 m ²
Hüllflächen-Volumen-Verhältnis A/V_e	0,44 [-]
Projektplanung	
Baubeginn	Mitte 2023
Fertigstellung (geplant)	Ende 2024

**Bild 6.** Darstellung der Grundrisse; a) Erdgeschoss und b) 1. Obergeschoss des Pilotprojekts (Bildquelle: Grimm GmbH)

4.1 Meilensteine des Projekts in der Planung

Der Erfolg für die Umsetzung eines nachhaltigen Gebäudes, welches die Anforderungen der NH-Zertifizierung und QNG-Kriterien einhalten kann, wird vor allen Dingen in den frühen Planungsphasen maßgeblich beeinflusst. Verglichen mit der konventionellen Planung müssen bestimmte Informationen deutlich früher vorliegen (vor der Entwurfsplanung) bzw. Kriterien und Ziele definiert werden, welche die Einhaltung dieser Benchmarks zu einem späteren Zeitpunkt sicherstellen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass auch die beteiligten Fachplaner bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt ihren Input für die erfolgreiche NH-Zertifizierung einbringen müssen. Zur Veranschaulichung dient Bild 7, der Bereich zwischen den beiden gestrichelten Linien (hier schraffiert dargestellt) kennzeichnet den vorgezogenen Zeitpunkt der Informationsbeschaffung bzw. -bereitstellung für eine Optimierung der Nachhaltigkeitsbewertung.

In Anlehnung an die Darstellung in Bild 7 werden die Projektphasen in die folgenden vier Meilensteine (MS) unterteilt:

- MS I Projektinitiierung
- MS II Planungsphase
- MS III Phase der Ausschreibung
- MS IV Phase der Bauausführung

4.2 Meilenstein I (Projektinitiierung)

Die Phase der Grundlagenermittlung beginnt in der Regel mit der Recherche nach verfügbaren und für den angedachten Zweck des Gebäudes geeigneten Baugrundstücken (s. Bild 8). Ist ein passendes Grundstück gefunden, folgt der offizielle Projektstart (= Initiierung), welcher bereits durch die Definition der späteren QNG-Ziele begleitet wird (s. Bild 7).



Bild 8. Baulücke Pilotprojekt in bestehendem Wohngebiet – Projektinitiierung (Bildquelle: Grimm GmbH)



Bild 9. Interdisziplinäres Planungsteam von Anfang an (Bildquelle: BV Ziegel)

Zum Zeitpunkt der Projektinitiierung ist das Optimierungspotenzial für die Projektziele am höchsten, gleichzeitig sind jedoch die verfügbaren Informationen noch sehr vage bzw. in ihrem Detaillierungsgrad noch sehr ungenau. Trotzdem ist es in dieser Phase von großer Bedeutung, die ersten wichtigen Projektpartner für das interdisziplinäre Planungsteam auszuwählen, z. B. NH-Auditor, Facility Manager sowie Architekt, Projektentwickler und Projektmanager (s. Bild 9). Sie legen gemeinsam die Zielausrichtung des Projekts fest

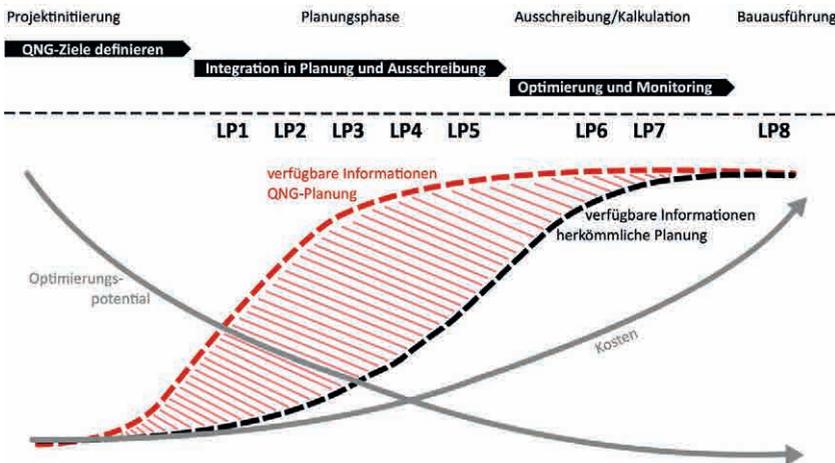


Bild 7. Schematische Darstellung für die Beeinflussbarkeit von Nachhaltigkeitsaspekten in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Informationsbeschaffung (Bildquelle: Grimm GmbH)

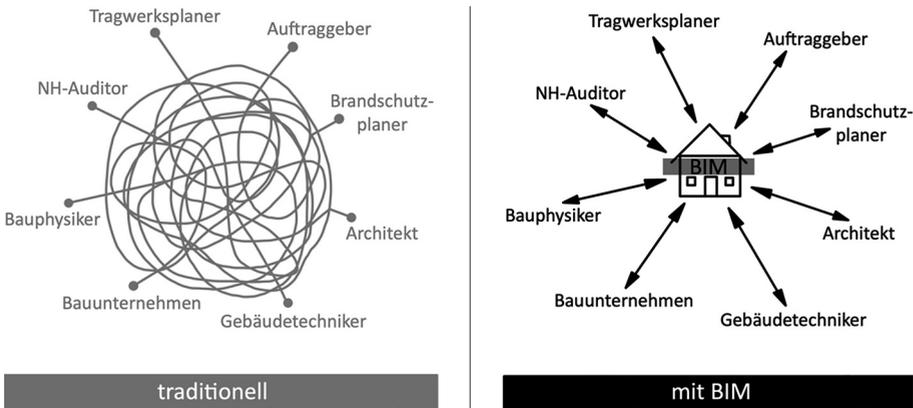


Bild 10. Schematische Darstellung des Informationsflusses bei herkömmlicher und BIM-optimierter Planung (Bildquelle: BV Ziegel)

und die dadurch frühzeitig eingebrachte Expertise zu Bewertungssystemen und zu bestimmten Nachhaltigkeitskriterien gibt bereits Aufschluss über die Machbarkeit. Dabei geht es nicht nur um die Zielsetzung bezüglich des späteren Nachhaltigkeitszertifikats, sondern auch um die Definition der QNG-Ziele. Welche Anforderungen müssen eingehalten werden, um eine gewünschte Förderstufe zu erreichen? Diese und weitere Fragestellungen beeinflussen maßgeblich die einzelnen Planungsschritte und deren Umsetzung. Sie lassen sich nachträglich nur mit sehr hohem (planerischen, zeit- und kostenintensiven) Aufwand in eine bereits fortgeschrittene Projektplanung integrieren und geben somit von Beginn an die Marschrichtung vor.

Diese strukturierte und bezüglich der Planungsprozesse optimierte Vorgehensweise mit einer frühzeitigen Einbindung von verschiedenen Experten, welche die nachhaltigkeitsorientierte und förderfähige Umsetzung eines Projekts ermöglichen und im Planungsverlauf für den notwendigen fachspezifischen Informationsaustausch untereinander sorgen, nennt man „integrale Planung“. Dafür lassen sich moderne digitale Werkzeuge wie Building Information Modeling (BIM) nutzen. BIM ermöglicht nicht nur die effiziente und strukturierte Zusammenarbeit, sondern auch eine bessere Visualisierung und Simulation von Planungsalternativen sowie die verbesserte Kommunikation zwischen den Beteiligten des interdisziplinären Planungsteams. Mithilfe solcher digitalen Tools können erhebliche Effizienzsteigerungen erwirkt und z. B. ökologische Kennwerte wie CO₂-Emissionen oder nichterneuerbare Primärenergie automatisiert dargestellt werden. Ein weiterer wichtiger Vorteil von BIM-Lösungen ist die Vernetzung von Bauprozessen entlang des Gebäudelebenszyklus, von der Planung, Kalkulation und Ausschreibung bis zum Baustellen- und Gebäudemanagement. Dies vereinfacht ebenso die Qualitätskontrolle auf der Baustelle und sorgt für einen kontinuierlichen Informationsfluss ohne Lücken.

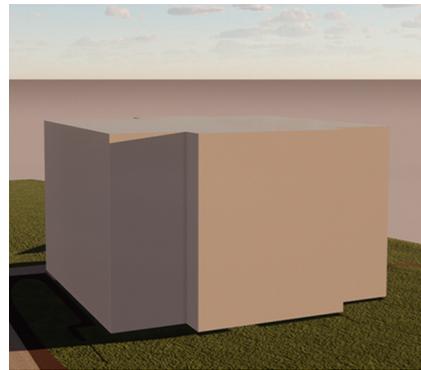


Bild 11. Digitaler Zwilling des Pilotprojekts – Gebäudekubus grob (Grundlagenermittlung) (Bildquelle: Grimm GmbH)

Der Unterschied bezüglich des Informationsaustausches zwischen einer herkömmlichen Planung (ohne BIM) und einer mit BIM optimierten Planung ist anschaulich in Bild 10 dargestellt.

Auf die Ermittlung von standortbezogenen Gegebenheiten und Besonderheiten in der Projektinitiierung, welche bestimmte Nutzungsmodelle für das geplante Objekt zulassen bzw. ausschließen können, kann bereits ein erstes Kickoff-Treffen mit interessierten Bauherren folgen. In Vorbereitung auf dieses erste Treffen können und werden durch BIM-nutzende Planungsbüros bereits grobe Baukörper in 3D modelliert, dies nennt man in der BIM-Fachbranche auch den „digitalen Zwilling“ (s. Bild 11).

Für die Definition der QNG-Ziele können zu diesem Zeitpunkt bereits folgende, konkretisierte Aufgaben anfallen:

- Machbarkeitsstudie(n) für die Vorgabe einer Marschrichtung zur Erreichung der Zielvorgaben,
- Auswahl der Projektbeteiligten (Projektentwickler, Projektmanager, Architekt, NH-Auditor, Facility Manager),
- Beratung zu Bewertungssystemen und notwendigen Leistungen,
- erste Abstimmungen zum Pre-Check für die NH-Zertifizierung/Zielvereinbarung für NH-Aspekte.

4.3 Meilenstein II (Planungsphase) – Ausgewählte Ergebnisse

In dieser sehr frühen und noch wenig konkreten Phase für die Vorentwurfs- und Entwurfsplanung werden grundlegende Entscheidungen getroffen, welche für wichtige Aspekte der Nachhaltigkeit eine wesentliche Rolle spielen, z. B. die Festlegung von

- beheizten oder unbeheizten Kellergeschossen;
- Tiefgaragen, Stellplatzproblematik je Wohneinheit;
- Balkonflächen, Loggien oder Staffelgeschossen;
- Dachform: Steildach versus Flachdach, z. B. bezüglich der Schaffung von Ausgleichsflächen für die Versiegelung der Grundfläche (Gründach) und/oder die Bereithaltung von nutzbaren Flächen für Photovoltaik-Anlagen;
- Flächeneffizienzkriterien;
- Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien für den Gebäudebetrieb am Standort.

Im Zuge des Auftaktgesprächs (Phase der Vorplanung) mit den zukünftigen Gebäudenutzern findet – zunächst als grobe Orientierung – die Definition von gewünschten, bevorzugten Standards wie z. B. EH 40, KfN, BNK-Silber, aber auch der Bauweise und des Kostenrahmens etc. statt. Anhand dieser ersten Eindrücke und Vorstellungen des zu planenden Gebäudes kann der digitale Zwilling des Pilotprojekts ganz im Sinne eines mitwachsenden Modells (s. Bild 12) weiterentwickelt und in jeder Planungsphase mit mehr Details gefüttert werden.

Sind die Eckdaten einmal festgelegt, beginnt die detaillierte Raumplanung, welche in engem Austausch mit dem Statiker, dem energetischen Fachplaner (Energieeffizienzexperte, EEE), dem Planer der Haustechnik (TGA-Planer) und dem Auditor für Nachhaltiges Bauen (NH-Auditor) stattfindet. EEE und TGA-Planer behalten die energetische Performance des Gebäudes als Ganzes im Blick, während der NH-Auditor auf wichtige Nachhaltigkeitskriterien wie nachhaltige Baumaterialien, Barrierefreiheit, Umnutzungsfähigkeit ebenso wie Verfügbarkeit von Tageslicht und sommerliche Überhitzung etc. achtet. Kommen bereits in dieser frühen Planungsphase alle wichtigen Planungsbeteiligten zusammen, kann der Grundstein für die Erfüllung vieler Nachhaltigkeitskriterien frühzeitig gelegt werden.



Bild 12. Digitaler Zwilling des Pilotprojekts – Vorplanungsphase (Architektur) (Bildquelle: Grimm GmbH)



Bild 13. Digitaler Zwilling des Pilotprojekts – Gebäudekubus mit konkretisierter Raum- und Baumaterialplanung (Entwurfsplanung) (Bildquelle: Grimm GmbH)

Je später sich das Planungsteam zusammenfindet, desto aufwendiger wird die Umplanung bzw. -strukturierung und bestimmte Arbeiten müssen mehrfach gemacht werden, um Zwischenstände anzupassen.

Diese Phase der Vorplanung geht nahtlos in die Phase der Entwurfsplanung über, in welcher das BIM-Modell weiter verfeinert wird. Während es in der Vorplanungsphase hauptsächlich mit den tragenden Konstruktionen und Bauteilen bestückt wird, kommen in der Entwurfsplanung die konkreten konstruktionsbezogenen Materialschichten hinzu (s. Bild 13).

Ist die Raumplanung weitestgehend abgeschlossen, können auf Grundlage der Festlegungen bezüglich Tragkonstruktion, Baumaterialien, Gebäudekubatur und Energieversorgung nun die energetische Bilanzierung, die Dimensionierung der Gebäudetechnik und der PV-Anlage (inkl. Stromspeicher) und die Konkretisierung von Baukonstruktionen sowohl der thermischen Gebäudehülle als auch des Innenausbaus durchgeführt werden. Die Ergebnisse zeigen, wohin es beim Thema Förderung gehen wird. Kann – wie beim Pi-

BNK Gesamterfüllungsgrad		53,20%	mindestens 50%	
BNK Note		2,8	GUT	
QNG		PLUS	mindestens PLUS	
		CLP	CLP Gesamt	Gewichtung
1. Soziokulturelle und funktionale Qualität		10,29%	25,00%	
1.1.1	Innenraumlufthygiene	20,0	100	5,77%
QNG	Schadstoffvermeidung in Baumaterialien	PLUS		
1.1.2	Trinkwasserhygiene	50,0	100	1,92%
1.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz	10,0	100	1,92%
1.3.1	Tageslichtverfügbarkeit	50,0	100	1,92%
1.4.1	Schallschutz	30,0	100	3,85%
1.5.1	Bedienfreundlichkeit und Informationsgehalt der Steuerung	50,0	100	1,92%
1.6.1	Präventive Schutzmaßnahmen gegen Einbruch	50,0	100	1,92%
1.6.2	Brandmeldung und Brandbekämpfung	75,0	100	1,92%
1.7.1	Barrierefreiheit	65,0	100	3,85%
QNG	Barrierefreiheit (für Gebäude > 5 WE)	PLUS		
2. Ökonomische Qualität		7,50%	25,00%	
2.1.1	Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus	30,0	100	
3. Ökologische Qualität		17,44%	25,00%	
3.1.1	Treibhauspotenzial und andere Umweltwirkungen	63,4	100	7,35%
QNG	Treibhausgas	PLUS		
3.1.2	Primärenergie	67,8	100	7,35%
QNG	Primärenergie	PLUS		
3.2.1	Dezentrale Energiegewinnung	75,0	100	2,94%
3.3.1	Einsatz von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung	50,0	100	2,94%
QNG	Nachhaltige Materialgewinnung	PLUS		
3.4.1	Einsatz von Wasserspararmaturen	80,0	100	1,47%
3.5.1	Flächenausnutzung	100,0	100	2,94%
4. Prozessqualität		17,97%	25,00%	
4.1.1	Beratungsgespräch und Zielvereinbarung	100,0	100	6,25%
4.2.1	Gebäudeakte inkl. Nutzerhandbuch	50,0	100	9,38%
4.3.1	Qualitätssicherung	75,0	100	9,38%

Bild 14. Pilotprojekt in Vorplanungsphase – Pre-Check und Vorab-Ergebnis NH-Bewertung nach BNK/BNG

lotprojekt – der EH40-Standard eingehalten werden, wird im nächsten Schritt die ökologische Bilanzierung nach den Rechenregeln des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) durchgeführt. Es wird eruiert, ob die für die erste Förderstufe erforderliche Einhaltung der Benchmarks möglich ist. Diese Anforderung des QNG bezieht sich auf die CO₂-Emissionen des geplanten Gebäudes über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für die Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase aller Konstruktionen der Kostengruppen 300 und 400. Sie ist mit einem Wert von 24 kg CO₂-Äq/(m²_{NRF}·a) festgeschrieben. Wird für ein geplantes Gebäude die zweite Förderstufe angestrebt, welche mit zusätzlich 50 % der anrechenbaren Kosten für den stark vergünstigten Förderkredit belohnt wird, so muss dieses Gebäude zusätzlich ein Nachhaltigkeitszertifikat von einem der in Deutschland anerkannten Zertifizierungssysteme für Wohngebäude, z. B. BNK/

BNG⁴⁾ oder DGNB⁵⁾, mit einem Mindesterfüllungsgrad des Gebäudes von 50 % erhalten. Um den Förderantrag zu stellen, sollte daher bereits in der Vorplanung ein Pre-Check durchgeführt werden (s. Bild 14), um eine Orientierung zu bekommen und Optimierungspotenziale für die weitere Planungsphase zu eruiern. Zusätzlich müssen für die zweite Förderstufe je nach Gebäudegröße weitere QNG-Anforderungsgrößen in den

- Das BNK- oder auch BNG-Gütesiegel ist ein Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen, welches als QNG-Siegelvariante des Bundes für Wohngebäude (WG) aufgenommen wurde und somit für die Neubauförderung zugelassen ist. BNK steht hierbei für Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnbau und gilt für alle Wohngebäude.
- Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) bietet für verschiedene Nutzungen wie z. B. Wohnbauten eine Gebäudezertifizierung an, welche als QNG-Siegelvariante zugelassen ist. Hier gibt es je nach Größe des Wohngebäudes zwei Zertifizierungsmöglichkeiten, zum einen für WG mit bis zu sechs Wohneinheiten (WE), zum anderen für WG mit mehr als sechs WE.

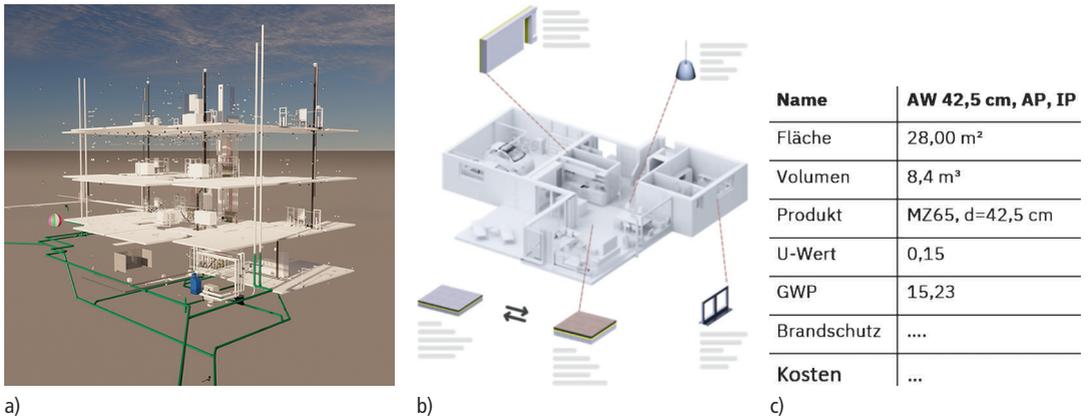


Bild 15. Verknüpfung von Bauteil- und Konstruktionsdaten des Pilotprojekts im BIM-Modell; a) TGA-Modell, b) Raum-Modell, c) Verknüpfung Wand-Daten (Bildquelle: Grimm GmbH)

Tabelle 5. Auszug aus dem Bauteilkatalog (thermische Gebäudehülle) des Pilotprojekts (Bildquelle: BV Ziegel)

Außenwand	Außenwand UG	Bodenplatte	Dach	Fenster
$U_{AW} = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U_{AWK} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U_{FG} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U_{DA} = 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	$U_w = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Themenfeldern Ökologie, Schadstofffreiheit von Baumaterialien, nachhaltige Materialgewinnung und Barrierefreiheit (nur für Wohngebäude mit > 5 WE) erfüllt werden. Einen genauen Überblick über die seit 01.03.2023 gültigen QNG-Anforderungen⁶⁾ gibt Tabelle 3.

Der digitale Zwilling ist in dieser Phase bereits mit unzähligen technischen, bauphysikalischen, materialbedingten, energetischen und ökologischen Kennwerten und Daten verknüpft und führt diese im BIM-Modell zusammen (Bild 15). Die Planung wurde mit den Bauteilaufbauten der Tabelle 5 für die thermische Gebäudehülle sowohl im ersten Aufschlag als auch in der weiteren energetischen und ökologischen Fachplanung durchgeführt und stellt somit die wichtigste Grundlage für die Einhaltung der energetischen Anforderungen an die Gebäudehülle dar. Allerdings spielen v. a. im Geschosswohnungsbau auch die Baukonstruktionen des Innenausbaus wie Decken, tragende und nichttragende Innenwände, Treppen usw. eine nicht unerhebliche Rolle für die ökologische Bilanzierung. An die

Bauweise des Innenausbaus ist die Einhaltung z. B. von schalltechnischen oder brandschutztechnischen Anforderungen geknüpft und v. a. als Ausführungsvariante in Massivbauweise stellt hier die verbaute Masse eine wesentliche Ausgangsgröße dar.

Tabelle 6 beinhaltet, aufbauend auf Tabelle 5 und 4, wichtige energetische, ökologische und nachhaltige Kennwerte, welche bereits wegweisende Erkenntnisse aus den förderpolitischen Entwicklungen des vergangenen Jahres umfassen. Dazu gehört z. B. die Planung, Dimensionierung und Installation einer PV-Anlage (inkl. Stromspeicher), welche als Kompensationsmaßnahme für den Nutzerstrom, obligatorisch anzusetzen als Pauschalwert von $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \text{ a})$, unbedingt erforderlich ist.

Mit den durchgeführten Berechnungen für das Pilotprojekt, deren Ergebnisse v. a. im Bereich von GWP und PENRT einen deutlichen Abstand zu den QNG-Benchmarks aufweisen, konnte der Antrag auf Neubauförderung bei der KfW zu den Förderkonditionen vor dem 01.03.2023 gestellt werden. Im nächsten Schritt folgt die Phase der Baugenehmigung, hierfür werden die für den Planungsentwurf vorgenommenen Annahmen angepasst und überprüft, Nachweise werden geführt und die Berechnungen aktualisiert.

6) Informationen zu den QNG-Anforderungen und -Rechenregeln finden sich auf der Internetseite www.qng.info.

Tabelle 6. Auszug ausgewählter energetischer, ökologischer und nachhaltiger Kennwerte des Pilotprojekts, Berechnung vorab (Bildquelle: BV Ziegel)

Kennwert/Angabe	Wert
Spez. hüllflächenbezogener Transmissionswärmeverlust reales Gebäude $H'_{T,real}$	0,24 W/(m ² K)
Spez. hüllflächenbezogener Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude $H'_{T,Ref}$	0,43 W/(m ² K)
Detaillierter Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}	0,023 W/(m ² K)
Jahresprimärenergiebedarf reales Gebäude $Q_{P,real}$	11,7 kWh/(m ² a)
Jahresprimärenergiebedarf Referenzgebäude $Q_{P,Ref}$	55,4 kWh/(m ² a)
Fläche der PV-Anlage AC (Spitzenleistung = 8,3 kW _{peak})	50,0 m ²
Nutzkapazität des Stromspeichers	8,3 kW _{peak}
Treibhauspotenzial (GWP ^{a)} ^{b)}	21,85 kg CO ₂ -Äq/(m ² _{NRF} a)
Primärenergie, nichterneuerbar (PENRT ^{c)})	73,23 kWh/(m ² _{NRF} a)
Flächeneffizienz	0,45 [-]
Tageslichtversorgung P_{ges}	4,98 [-]
Grad der Barrierefreiheit	QNG-Plus

a) GWP = engl.: global warming potential.

b) Die LCA-Analyse für die ökologischen Indikatoren erfolgte mit dem Online-Ökobilanzierungstool eLCA, welches zum Zeitpunkt der Antragstellung für die Neubauförderung (vor dem 01.03.2023) als Instrument für die ökologische Berechnung zulässig war. Die zum Zeitpunkt der Antragstellung gültigen Rechenregeln für die Ökobilanzierung von WG (z. B. Nutzerstrom, Sockelbeträge für TGA etc.) wurden entsprechend berücksichtigt.

c) PENRT = engl.: primary energy non renewable total.

Im Zuge der Genehmigungsplanung werden die Teilbereiche der Nachhaltigkeitsaspekte erneut und mit mehr Detailtiefe beleuchtet. Während beim Pre-Check für bestimmte Kriterien aufgrund des Planungsstands lediglich auf der sicheren Seite liegende Annahmen getroffen werden konnten, nehmen diese Teilbereiche in der Genehmigungsplanung deutlich mehr Gestalt an. Der enge Austausch zwischen Planungsteam und NH-Auditor ist zu diesem Zeitpunkt besonders wichtig, um die Auswirkungen der verschiedenen planerischen sowie konstruktiven Maßnahmen auf die NH-Bewertung richtig einordnen zu können.

4.3.1 Ergebnisse der Energiebilanz

Im Zuge der Energiebilanz kommt der Einhaltung des EH40-Standards eine entscheidende Rolle zu, da ei-

Tabelle 7. Auszug ausgewählter energetischer, ökologischer und nachhaltiger Kennwerte des Pilotprojekts, Berechnung Entwurfsplanung optimiert (Bildquelle: BV Ziegel)

Kennwert/Angabe	Wert
Spez. hüllflächenbezogener Transmissionswärmeverlust reales Gebäude $H'_{T,real}$	0,239 W/(m ² K)
Spez. hüllflächenbezogener Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude $H'_{T,Ref}$	0,435 W/(m ² K)
Detaillierter Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}	0,023 W/(m ² K)
Jahresprimärenergiebedarf reales Gebäude $Q_{P,real}$	15,2 kWh/(m ² a)
Jahresprimärenergiebedarf Referenzgebäude $Q_{P,Ref}$	59,0 kWh/(m ² a)
Fläche der PV-Anlage AC (Spitzenleistung = 16,8 kW _{peak})	85,0 m ²
Nutzkapazität des Stromspeichers	5,1 kW _{peak}
Treibhauspotenzial (GWP)	19,2 kg CO ₂ -Äq/(m ² _{NRF} a)
Primärenergie, nichterneuerbar (PENRT)	65,3 kWh/(m ² _{NRF} a)
Flächeneffizienz	0,45 [-]
Tageslichtversorgung P_{ges}	5,30 [-]
Grad der Barrierefreiheit	QNG-Plus

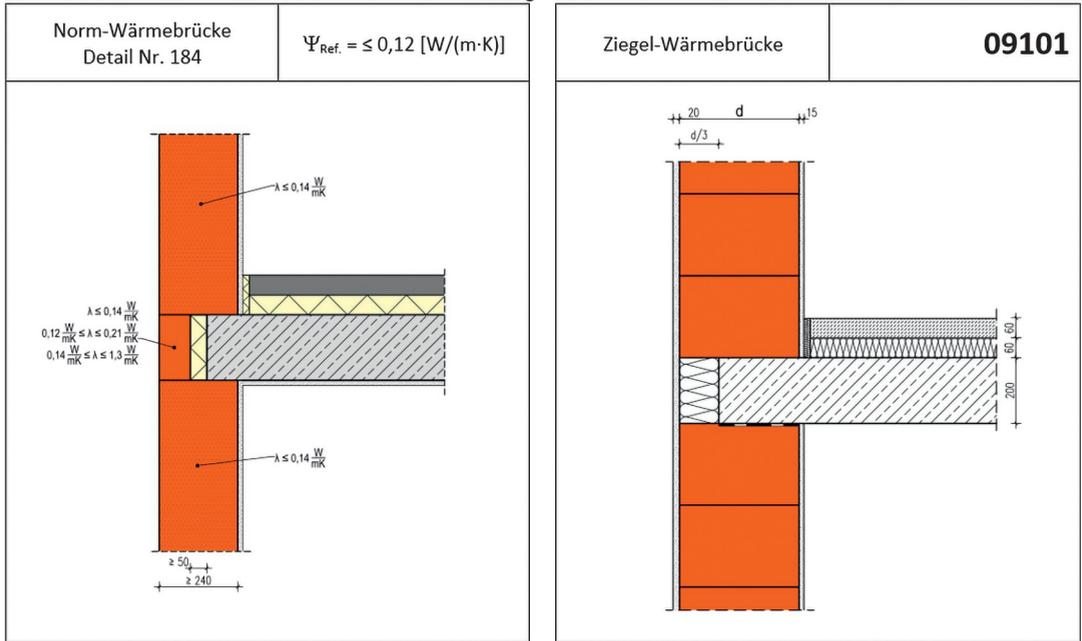
ne Nichteinhaltung der festgelegten Grenzwerte zum Ausschluss von der Förderung führt. Es gilt also, sowohl die Gebäudehülle als auch den Primärenergiebedarf dahingehend zu optimieren. Im Hinblick auf die Gebäudehülle spielt bei der monolithischen Bauweise der detailliert zu ermittelnde Wärmebrückenzuschlag eine bedeutende Rolle. Ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag, welcher mit einem Gleichwertigkeitsnachweis nach DIN 4108 Beiblatt 2 [4] nachgewiesen werden kann, ist aufgrund der hohen energetischen Qualität der Gebäudehülle nicht mehr ausreichend. Ein detaillierter Wärmebrückenzuschlag kann mit Unterstützung von Planungshilfen wie z. B. dem „Ziegel Wärmebrückenkatalog 5.0“ [5] ermittelt und nachvollziehbar dokumentiert werden. Den zahlenmäßigen Unterschied zwischen pauschalem und detailliert ermitteltem Wärmebrückenzuschlag zeigt Bild 16 am Beispiel eines Wand-Decken-Knotens. Im Zuge der fortschreitenden Planung ergeben sich immer wieder Änderungen, die zu geringfügig anderen Energie- und Ökobilanzergebnissen führen. Diese sind mit dem aktuellen Stand in Tabelle 7 erneut dargestellt.

Mit dem Ergebnisstand aus Tabelle 7 stellen sich die Einträge im Vorab-Energieausweis analog zu Bild 17 dar.

Bauteiltyp: Außenwand Geschossdecke
Gruppe: Geschossdecken

Geschossdecke, Außenwand monolithisch, 2/3 d
 d Auflagertiefe, Stirndämmung

Kategorie B



Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit unterschiedlicher Wanddicken d und Wärmeleitfähigkeiten des Mauerwerks. Die Dicke der Dämmung vor der Deckenstirn beträgt $d/3$ d.h. zwischen 100 und 160 mm mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Der Temperaturfaktor f_{Res} an der Stelle mit der niedrigsten Oberflächentemperatur beträgt $\geq 0,7$. Von diesen Annahmen geringfügig abweichende Randbedingungen können bei der Festlegung der Ψ -Werte vernachlässigt werden. Die Tabellenwerte dürfen linear interpoliert werden. Die grafische Darstellung des Details ist als Prinzipskizze zu verstehen und für den jeweiligen Anwendungsfall anzupassen. Die Gleichwertigkeit gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019 Bild 183 ist gegeben, gemäß Bild 184 der Kategorie B ebenfalls.

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [W/(m·K)]

Wärmeleitfähigkeit Mauerwerk [W/m·K]	Dicke d der Außenwand [mm]			
	300	365	425	490
0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
0,09	0,06	0,06	0,06	0,06
0,11	0,05	0,06	0,06	0,06
0,14	0,05	0,05	0,06	0,06

$\Psi_{Ref.} = \leq 0,12 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

$\Psi_{\text{vorh.}} = 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Kategorie = B

Gleichwertigkeit nachgewiesen = Ja

Bild 16. Gegenüberstellung Normwärmebrücke nach [4] und Ziegel-Wärmebrücke nach [5] für den Wand-Decken-Knoten (Bildquelle: BV Ziegel)

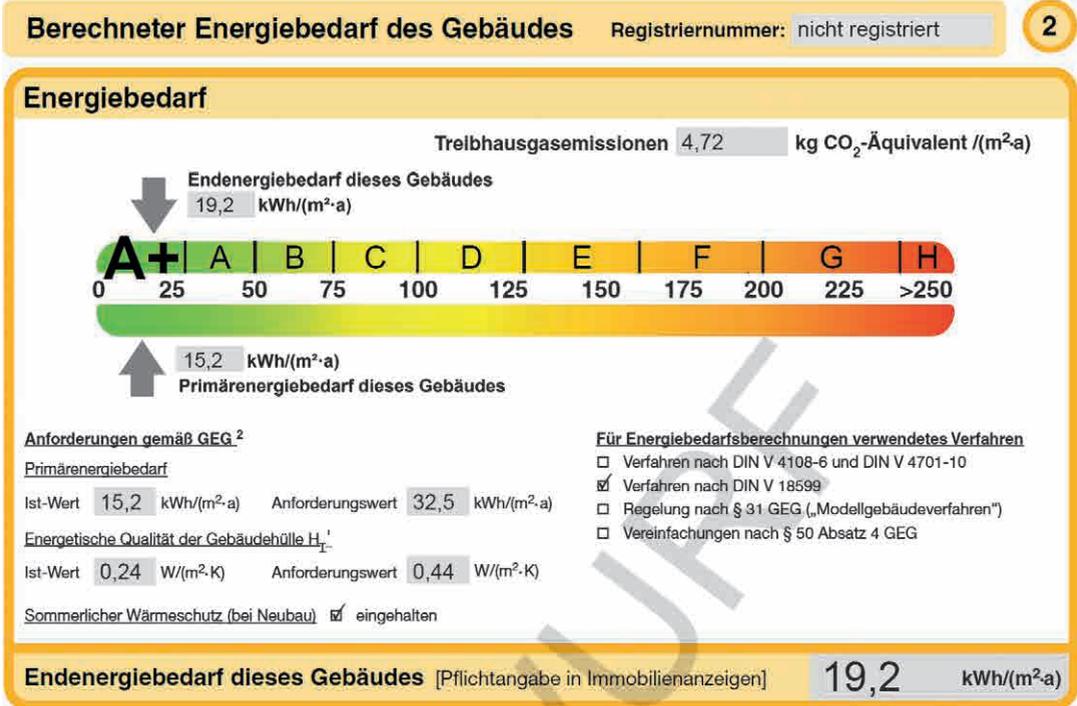


Bild 17. Auszug – Vorab-Energieausweis (Bildquelle: BV Ziegel)

4.3.2 Ergebnisse der Ökobilanzierung

Einen überaus wichtigen Aspekt sowohl der Nachhaltigkeitsbewertung als auch der QNG-Anforderungen stellt die Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) dar, konkret die Treibhausgasemissionen des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus und deren Bewertung. Die gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen zeigen einen deutlichen Fokus auf den Kennwert der CO₂-Emissionen in kg CO₂e, sodass ein Gebäude v. a. an diesem Wert gemessen und beurteilt wird. Daher soll an dieser Stelle eine detaillierte Betrachtung dieses Kennwerts und seiner Zusammensetzung erfolgen.

Grundsätzlich wird im Zuge einer ökologischen Bilanzierung die Umweltwirkung eines Produkts oder auch eines ganzen Gebäudes aus einer sog. Sachbilanz ermittelt. Mit der Sachbilanz werden diejenigen Massen/Mengen ermittelt, die zur Herstellung des „Endprodukts“ erforderlich sind. Bei Gebäudeökobilanzen resultieren diese Massen im Wesentlichen aus den verbauten Materialien/Konstruktionen und der für den Gebäudebetrieb erforderlichen Gebäudetechnik. Eine normgerechte Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [6] und DIN EN ISO 14044 [7] berücksichtigt jedoch nicht nur die Herstellungsphase, sondern den vollständigen Gebäudelebenszyklus. Das bedeutet, dass der ggf. notwendige Austausch von Materialien innerhalb eines per Rechenregeln vorgeschriebenen Betrachtungszeit-

raums von 50 Jahren sowie deren Entsorgung am Ende des Lebenszyklus, aber auch die notwendige Energie während des Betriebs ebenso bilanziert werden (s. Bild 18). Sind die erforderlichen Massen bestimmt, können diese Angaben mit ökologischen Kennwerten, welche nach DIN EN 15804 [8] zu ermitteln sind, verknüpft werden. Die ökologischen Daten hierfür kommen z. B. aus EPDs (environmental product declaration)⁷⁾ [9] oder können aus der in Deutschland seit 2009 geführten, in regelmäßigen Abständen aktualisierten Datenbank „ÖKOBAUDAT“ [10] entnommen werden. In der ÖKOBAUDAT sind verschiedene Datensatztypen nach [11] enthalten; für Gebäudeökobilanzen wird empfohlen, innerhalb einer Bilanzierung nur mit einem Datensatztyp zu rechnen. Gemäß QNG-Rechenregeln dürfen für Förderprojekte nur bestimmte (generische) Datensätze aus einer vorgeschriebenen ÖKOBAUDAT-Version verwendet werden, welche in einer separaten Rechenwerttabelle⁸⁾ aufgeführt sind [12]. Ein Vergleich von Variantenberechnungen

7) EPDs können z. B. von Herstellern anhand realer Verbrauchsdaten für ihre Produkte erstellt, durch unabhängig Dritte verifiziert und somit für die Ökobilanzierung verwendet werden.

8) Die aktuelle Rechenwerttabelle [12] ist auf der Internetseite von QNG unter den aktuellen Siegeldokumenten zu finden: <http://www.qng.info/qng/qng-anforderungen/qng-siegeldokumente>.

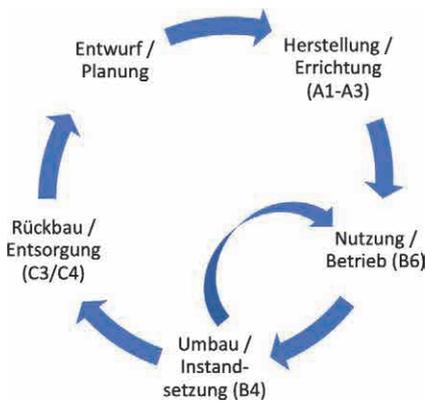


Bild 18. Schematische Darstellung vollständiger Gebäudelebenszyklus (inkl. Kurzbezeichnung der Lebenswegmodule) (Bildquelle: BV Ziegel)

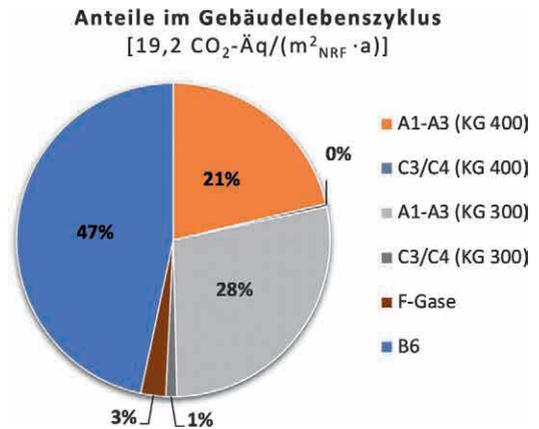


Bild 19. Darstellung der Lebenszyklusphasen des Pilotprojekts nach aktualisierter LCA-Berechnung (Bildquelle: BV Ziegel)

mit unterschiedlichen Datensatztypen zeigt auf Bauteilebene sichtbare Unterschiede auf, die jedoch auf Gebäudeebene kaum noch zu erkennen sind ([13, 14]). Im Zuge weiterer detaillierter Berechnungen wurde der GWP-Wert nach Tabelle 6 mit einer aktualisierten Software neu ermittelt und verbessert sich auf einen Wert von $19,2 \text{ kg CO}_2\text{-Äq}/(\text{m}^2_{\text{NRF}} \cdot \text{a})$, (s. Tabelle 7). Diese Veränderung des CO_2 -Kennwerts für das Pilotprojekt ergibt sich aus folgenden Parametern:

- Verfeinerung der Baustoffwahl und Konkretisierung von Materialien sowie Anpassung von Nutzungsdauern an baukonstruktive Gegebenheiten,
- Spezifizierung der anlagentechnischen Komponenten,
- Berücksichtigung von F-Gasen bei Wärmepumpen (nichtnatürliches Kältemittel),
- Erhöhung der PV-Erträge (Solarstrom) und deren rechnerische Berücksichtigung in der Nutzungsphase (Rechenregeln nach QNG [15]).

Die Anteile der jeweiligen Phasen im Gebäudelebenszyklus für das Pilotprojekt lassen sich aus Bild 19 ablesen. Der größte Anteil mit 48% entfällt dabei auf den Gebäudebetrieb, was auf den ersten Blick verwunderlich erscheint, da mit dem EH40-Standard die betrieblichen Aufwendungen für Heizung und Trinkwasserbereitung stark reduziert sind. Hier schlägt sehr deutlich die Verrechnung des Nutzerstroms⁹⁾, welcher in der energetischen Bilanzierung nicht in Ansatz gebracht wird, zu Buche. Er macht von den betrieblichen Aufwendungen einen Anteil von 45% aus und kann nur kompensiert werden, wenn am Gebäude bei-

spielsweise mit einer PV-Anlage Solarstrom erzeugt und überwiegend selbst genutzt wird.

Den mit 30% zweitgrößten Anteil der Treibhausgasemissionen des Gebäudes verursachen die Baukonstruktionen (Herstellung (A1–A3) und Entsorgung (C3/C4)), der verbleibende Rest entfällt auf die Gebäudetechnik. Hinsichtlich der Gebäudetechnik gibt es eine gewisse Unschärfe, da hier nur wenige, allgemeingültige ökologische Datensätze vorhanden sind. Aus diesem Grund verlangen die QNG-Rechenregeln die wertemäßige Erfassung der Gebäudetechnik über einen sog. Sockelbetrag, der die Anteile pauschal abdeckt. Hier besteht noch erhöhter Forschungsbedarf, da gerade die Gebäudetechnik innerhalb des 50-jährigen Betrachtungszeitraums mehrfach ausgetauscht werden muss.

Bei massiven Bauweisen wie der Bauweise mit monolithischen Ziegeln ist ein 50-jähriger Betrachtungshorizont für die Darstellung eines vollständigen Gebäudelebenszyklus ein sehr kurzer Zeitraum, welcher der tatsächlichen Langlebigkeit nicht gerecht wird. Vor allem für die ökologische Bilanzierung wirkt sich dies ungünstig aus, da in der Bilanz rechnerisch davon ausgegangen wird, dass das Gebäude nach Ablauf der 50 Jahre abgerissen und entsorgt wird. Die Langlebigkeit von Ziegelgebäuden konnte erstmalig in einer durch das Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW) in München erstellten Studie [17] – bezogen auf den Gebäudebestand in Deutschland – aus statistischen Daten wissenschaftlich abgeleitet und anschaulich dargestellt werden. Somit ist klar, dass die aktuellen Rechenregeln wortwörtlich zu kurz greifen und für eine gleichermaßen faire Bewertung noch weiterer Forschungsbedarf besteht.

Auch ein Blick in eine klimafreundlichere Zukunft gestaltet sich ökobilanziell schwierig, da angestrebte Transformationspfade – so wie branchenübergreifend bei vielen energieintensiven Herstellungsprozessen

9) Der Nutzerstrom ist nach QNG-Rechenregeln bei der ökologischen Bilanzierung mit einem pauschalen Wert von $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF,beh.}} \cdot \text{a})$ zusätzlich zum errechneten Energiebedarf nach DIN V 18599 [16] für den Gebäudebetrieb anzusetzen.

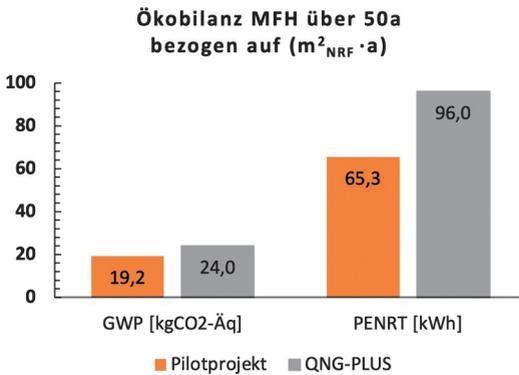


Bild 20. Ergebnisdarstellung der Ökobilanz des Pilotprojekts und Einhaltung der QNG-Benchmarks nach aktualisierter LCA-Berechnung (Bildquelle: BV Ziegel)

sen (siehe [18]) – nur schwer prognostizierbar und noch schwerer mit einem Stand von heute abbildbar sind. Trotz der für Gebäude in Ziegelbauweise ungünstigen Randbedingungen und Rechenregeln im Zusammenhang mit den QNG-Förderkriterien kann diese Bauweise die Grenzwerte hinsichtlich der Treibhausgasemissionen und der nichterneuerbaren Primärenergie problemlos einhalten (s. Bild 20).

4.3.3 Ergebnisse der Lebenszykluskostenberechnung

Ein weiterer wichtiger NH-Aspekt stellt die Betrachtung der Kosten im Lebenszyklus (life cycle costs, LCC) eines Gebäudes dar. In Anlehnung an Bild 4 zeigt sich, dass im Zuge der vollständigen NH-Bewertung dem Kriterium der Lebenszykluskosten ein hohes Gewicht in Hinblick auf die Gesamtbewertung zukommt. Demzufolge ist es sinnvoll, einen hohen Erfüllungsgrad zu erzielen. Für die Bewertung nach dem BNK/BNG-System wird hier zwischen Herstellungskosten und Nutzungskosten unterschieden. Die Herstellungskosten werden nach DIN 276 [19] für die Kostengruppen 300 (Baukonstruktionen) und 400 (technische Gebäudeausrüstung) herangezogen und auf die gesamte Bruttogrundfläche bezogen dargestellt. Die Aufteilung nach Kostengruppen spielt bei der Ermittlung der Instandhaltungskosten eine wichtige Rolle. Je nach technischer Nutzungsdauer der Materialschicht bzw. Materialschichtkombination innerhalb einer Baukonstruktion fallen während des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren weitere Kosten an. So muss beispielsweise für die Erneuerung eines Kunststofffensters, welchem gemäß der Nutzungsdauertabelle [20] des Bundesministeriums für Bau-, Stadt- und Raumentwicklung (BBSR) eine technische Nutzungsdauer von 30 Jahren für Rahmen und Verglasung zugewiesen wird, der Anschaffungswert nach 30 Jahren erneut angewendet werden. Um in der Zukunft liegende Maßnahmen für heutige Investitionen zu berücksichtigen,

Tabelle 8. Finanzmathematische Vorgaben nach BNK/BNG für die Berechnung der Lebenszykluskosten (Quelle: BiRN)

Kennwert/Angabe	Wert
Betrachtungszeitraum	50 Jahre
Lebenszyklusphasen	Herstellung, Nutzung
Finanzmathematische Methode	dynamische Barwertberechnung
Zu berücksichtigende regelmäßige Kosten	Endenergiebedarf Wasserbedarf und Abwasseraufkommen Nutzerstrom
Preisentwicklung für unterschiedliche Kostengruppen	allgemeine Baupreissteigerung: 2 % Kosten für Wasser und Abwasser: 3 % Kosten für Energie: 4 %
Kalkulationszinssatz	5,5 %
Zeitpunkt der Zahlung	nachschüssig

wird die sogenannte Barwertberechnung durchgeführt. Sie ermöglicht es als dynamische finanzmathematische Rechenmethode, nicht nur über den Zinseszinsfaktor Kosten, die wie beim vorhergehenden Beispiel in 30 Jahren anfallen, auf den Zeitpunkt Null abzuführen, sondern kann zusätzlich Effekte der Preissteigerung rechnerisch erfassen. Die anzusetzenden Zinssätze und Preissteigerungsraten werden dabei vom jeweils zugrundeliegenden Zertifizierungssystem vorgegeben (s. Tabelle 8). Die Berücksichtigung einzelner Kostenpositionen in der Zukunft – analog zum Beispiel des Kunststofffensters – werden im finanzmathematischen Sprachgebrauch „unregelmäßige Kosten“ genannt. Zu den unregelmäßigen Kosten gehören Instandsetzungskosten für Baukonstruktionen und gebäudetechnische Anlagen(-teile), welche mit einer vorgegebenen technischen Nutzungsdauer verknüpft werden.

Im Gegensatz zu den unregelmäßigen Kosten stehen die „regelmäßigen Kosten“, welche ebenfalls über die Barwertberechnung dynamisch erfasst werden, jedoch jährlich in gleicher Höhe anfallen. Sie werden vereinfacht mit dem sog. Rentenbarwertfaktor (RBF) multipliziert, der sich in Abhängigkeit von der Betrachtungsdauer, dem Kalkulationszins und der zu berücksichtigenden Preissteigerung ermitteln lässt. Zu den regelmäßigen Nutzungskosten gehören neben den Kosten für den Gebäudebetrieb auch die Versorgungskosten für Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen sowie laufende Kosten für Wartung, Inspektion und Instandsetzung für die Kostengruppen 300 und 400. Je nach verwendetem Energieträger wird hier durch das Zertifizierungssystem der Energiepreis für die LCC-Berechnungen vorgeschrieben, gleiches gilt auch für die Preisvorgaben bezüglich Frisch- und Abwasser (s. Tabelle 9).

Tabelle 9. Preise für Energie/Trinkwasser/Abwasser nach BNK/BNG-Steckbrief 2.1.1, Anlage 2 [21]

	ohne MwSt.		€	Heizwert kWh/kg
Strom	Arbeit	kWh	0,17	
	Wärme	kWh	0,11	
Öl		l	0,65	11,9
Erdgas		m ³	0,62	10,4
Holzpellets		kg	0,18	4,4
Braunkohle		kg	0,50	7,05
Steinkohle		kg	0,70	8,88
Fernwärme/ KWK	fossil	kWh	0,09	
	erneuerbar	kWh	0,07	
Frischwasser		m ³	2,01	
Abwasser	Schmutzwasser	m ³	2,14	
	Niederschlag (bezogen auf die versiegelte Grundstücksfläche pro m ² und Jahr)	m ²	1,10	

Die Vorgehensweise bei der Berechnung des Barwerts für die regelmäßigen, jährlich anfallenden Kosten wird anhand der Energiekosten für das Pilotprojekt beispielhaft dargestellt (s. Tabelle 10).

In ähnlicher Weise wird die Kostenermittlung für Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen durchgeführt. Für die Ermittlung des Trinkwasserbedarfs sowie des Abwasseraufkommens wird mithilfe des BNK/BNG-Kriteriensteckbriefs 3.4.1 für die geplanten Toiletten, Dusch- und Waschbeckenarmaturen die voraussichtliche Wassermenge in einer separaten Berechnung in Abhängigkeit von der Wohnfläche nach [22] abgeschätzt und mit den Kostenkennwerten gemäß Tabelle 9 nach der Barwertmethode ermittelt (s. Tabelle 11).

Analog wie für die Energie- und Wasserversorgungskosten wird für Wartung, Inspektion und Instandsetzung der fest im Gebäude installierten Baukonstruktionen und gebäudetechnischen Anlagen vorgegangen. Hier werden vereinfacht folgende Kosten als jährliche (regelmäßige) Kosten über einen festgelegten Prozentsatz der Herstellungskosten der jeweiligen Kostengruppe in Ansatz gebracht:

- Wartung und Inspektion der KG 300 mit 0,1 % der KG-300-Herstellungskosten,
- Wartung und Inspektion der KG 400 mit 0,9 % der KG-400-Herstellungskosten,
- Instandhaltung der KG 400 mit 0,5 % der KG-400-Herstellungskosten.

Die Instandhaltungskosten der KG 300 werden nicht als jährliche Kosten verrechnet, sondern die Maßnahmen werden exakt zu dem Zeitpunkt, zu dem sie

Tabelle 10. Darstellung der Energiekosten im Rahmen der LCC-Berechnung für das Pilotprojekt (Quelle: BV Ziegel)

Endenergiebedarf nach E-Bilanz	kWh/a	Energieträger
Heizung	5 589	Strom
WW	10 975	Strom
Hilfsenergie	939	Strom
Solarstrom (anrechenbar nach GEG)	-9 835	
Nutzerstrom	14 300	Strom
Solarstrom (eingespeist)	4 059	

Barwertberechnung für Energie

Zinssatz (nominal) nach Vorgabe BNK/BNG	p =	0,055
	q =	1,055
Jährliche Preissteigerung für Heiz- und Elektroenergie	r =	0,04
	s =	1,04
Zinssatz (real)	$q_* = \frac{q}{s}$	1,014423
Jahre	n	50

$$RBF_{(p,r)} = \frac{1}{s} \cdot \frac{(q_*^n - 1)}{q_*^n \cdot (q_* - 1)}$$

Kapitalwert: $K_0 = G \cdot RBF_{(p,r)}$	$RBF_{(50a)}$	34,086543
Energiekosten $K_{0,Energie}$	135,12	€/m ² _{BGF}
Einspeisevergütung $K_{0,Einspeis}$	-5,45	€/m ² _{BGF}

Anmerkung: Neue Vergütungssätze

Seit dem 30. Juli 2022 gelten neue Vergütungssätze für Anlagen, die seitdem in Betrieb genommen werden. Unterschieden wird zwischen Volleinspeise- und Eigenversorgungsanlagen. Diese Vergütungssätze sind auch für neue Anlagen gültig, die in diesem Jahr (2023) in Betrieb gehen.

Anlagen mit Eigenversorgung bekommen jetzt höhere Vergütungssätze als feste Einspeisevergütung: Anlagen bis 10 kWp erhalten 8,2 Cent pro kWh. Ist die Anlage größer, erhält der Anlagenteil ab 10 kWp 7,1 Cent pro kWh.

Beispiel Eigenversorgung: Eine 15 kWp-Anlage mit Eigenversorgung erhält dann für die ersten 10 kWp 8,2 und für die verbleibenden 5 kWp 7,1 Cent pro kWh, im Durchschnitt also 7,8 Cent pro kWh.

im Lebenszyklus anfallen, berücksichtigt und auf den Startzeitpunkt abgezinst (unregelmäßige Kosten). Dafür wird eine Kostenaufstellung nach Kostengruppen bis zur 3. Ebene benötigt, damit Bauteilschichten bzw. Bauteilschichtkombinationen detailliert erfasst werden können.

Summiert man schlussendlich die Ergebnisse aller jährlich anfallenden Kostenströme auf, erhält man für das Pilotprojekt einen Gesamtwert der Nutzungskosten von 484,80 €/m²_{BGF}, was nach BNK/BNG-Benchmarks gemäß Steckbrief 2.1.1 30 von möglichen 50 Punkten ausmacht.

Tabelle 11. Darstellung der Versorgungskosten für Trink- und Abwasser im Rahmen der LCC-Berechnung für das Pilotprojekt (Quelle: BV Ziegel)

Ausgewählte Versorgungskosten	m ³ /Jahr	
Trinkwasserbedarf nach 3.4.1	585,83	
Abwasseraufkommen	585,83	
Barwertberechnung für Wasser und Abwasser		
Zinssatz (nominal) nach Vorgabe BNK/BNG	p =	0,055
	q =	1,055
Jährliche Preissteigerung für Trink- und Abwasser	r =	0,03
	s =	1,03
Zinssatz (real)	$q_* = \frac{q}{s}$	1,024272
Jahre	n	50
$RBF_{(p,r)} = \frac{1}{s} \cdot \frac{(q_*^n - 1)}{q_* \cdot (q_* - 1)}$		
Kapitalwert: $K_0 = G \cdot RBF_{(p,r)}$	$RBF_{(50a)}$	27,941362
Wasserkosten $K_{0,Wasser}$	72,11	€/m ² _{BGF}

4.3.4 Ergebnisse für die Barrierefreiheit

Die Barrierefreiheit spielt im Wohngebäudebereich eine wichtige Rolle, da jede Investition von einer möglichst langen und uneingeschränkten Nutzung ausgeht, auch und vor allem bei sich verändernden Lebensumständen. Die QNG-Regularien tragen diesem Umstand Rechnung, indem sie für Wohngebäude mit mehr als fünf Wohneinheiten entsprechende Benchmarks für Barrierefreiheit bei angestrebter Förderung vorgeben. Konkret bedeutet dies, dass Gebäude mit mehr als fünf Wohneinheiten mindestens sieben von acht mög-

lichen Leitkriterien des Gebäudestandards „ready-be-suchtsgeeignet“ nach [23] erfüllen müssen. Eine Übersicht über die Erfüllung dieser Kriterien im Rahmen des NH-Pilotprojekts für die QNG-Stufen „Plus“ und „Premium“ sowie ein Abgleich mit den Benchmarks vom BNK/BNG-Steckbrief 1.7.1 zeigt Tabelle 12.

4.3.5 Ergebnisse der Tageslichtversorgung und des sommerlichen Wärmeschutzes

Weitere NH-Aspekte, welche hier beispielhaft genannt werden sollen, sind die Optimierung der Tageslichtversorgung und des sommerlichen Wärmeschutzes. Dieses „Kriterienpaar“ stellt ein anschauliches Beispiel für den performance-orientierten Ansatz der grundsätzlichen Nachhaltigkeitssystematik dar. Beide Kriterien werden direkt durch die geplanten Fensteröffnungen beeinflusst (Geometrie) und ihre konkrete Bewertung erfolgt raumweise. Im ersten Fall – dem Kriterium der Tageslichtversorgung – ist, wie der Name schon sagt, die größtmögliche Versorgung aller Nettogrundflächen im Gebäude mit natürlichem Tageslicht erklärtes Ziel. Das zeigt sich durch eine hohe Punktzahl für ein möglichst großes grundflächenbezogenes Fensterflächen-Verhältnis. Dieser Wert wird in Tabelle 13 mit L_i [%] bezeichnet und für alle Aufenthaltsräume gemäß Musterbauordnung mit einer lichten Raumhöhe von $\geq 2,40$ m berechnet. Hier sorgt ein Verhältniswert von 30 % oder mehr für die maximale Punktzahl für die Tageslichtpunkte P_i je Raum und wird in der Gesamtgebäudebewertung für alle Räume kumuliert. Zuletzt wird der so ermittelte Summenwert durch die Gesamtnettogrundfläche dividiert.

Das Kriterium des sommerlichen Wärmeschutzes hingegen wird mit hohen Punkten für möglichst wenig Sonneneintrag durch Fensterflächen für den maßgebenden Fall (= ungünstigster Raum) bewertet. Der Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz kann

Tabelle 12. Anforderungen an die Barrierefreiheit nach BNK/BNG und ready-Leitkriterien für QNG nach [23]

	BNK/BNG		QNG-Plus		QNG-Premium	
ready-Leitkriterium A1 „Absatzfreie Zugänge“						
A1.1	Aufzug (i. d. R. ab drei Vollgeschossen)	vorhanden	✓	vorbereitet	✓	umgesetzt
A1.2	im Regelfall keine Absätze, Schwellen und Stufen	vorhanden	✓	vorzugsweise	✓	vorzugsweise
ready-Leitkriterium A2 „Ausreichende Größen“						
A2.2	Wege, Flure – nutzbare Breite	$\geq 1,20$ m	✓	$\geq 0,90 - 1,20$ m	✓	$\geq 1,20$ m
A2.4	Haus-, Wohnungseingangs-, Fahr-schachttüren	$\geq 0,90$ m	✓	$\geq 0,90$ m	✓	$\geq 0,90$ m
A2.5	Türen – nutzbare Durchgangsbreite	$\geq 0,90$ m	✓	$\geq 0,80$ m	✓	$\geq 0,80$ m
A2.6	Wendeflächen außerhalb der Wohnung	$\geq 1,50 \times 1,50$ m	✓	$\geq 1,20 \times 1,20$ m	✓	$\geq 1,40 \times 1,70$ m
A2.7	Bewegungsflächen innerhalb der Wohnung	$\geq 1,50 \times 1,50$ m	✓	$\geq 0,90 - 1,20$ m	✓	$\geq 1,20 \times 1,20$ m
ready-Leitkriterium A4 „Attraktivität und Sicherheit“						
A4.4	Treppensteigung (max. Stufenhöhe/min. Stufenauftritt)	keine Angabe	✓	18/27 cm	✗	17/29 cm

Tabelle 13. Punktematrix für Bewertung des Kriteriums Tageslichtversorgung nach BNK/BNG-Steckbrief 1.3.1 [24]

L_i [%]	Tageslichtpunkte Raum i (P_i)
$L_i \geq 30,00$	10
$30,00 > L_i \geq 29,00$	9
$29,00 > L_i \geq 28,00$	8
$28,00 > L_i \geq 27,00$	7
$27,00 > L_i \geq 26,00$	6
$26,00 > L_i \geq 25,00$	5
$25,00 > L_i \geq 22,00$	4
$22,00 > L_i \geq 19,00$	3
$19,00 > L_i \geq 15,50$	2
$15,50 > L_i \geq 12,50$	1
$L_i < 12,50$	0

Tabelle 14. Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2 für einen Beispielraum (Quelle: BV Ziegel)

Wo/ES/Ko W4			
g_{vorh}	0,50	[-]	
F_c	0,25	[-]	außenliegender Sonnenschutz (für 3fach-Isolierverglasung, Jalousie oder Raffstore mit drehbaren Lamellen)
S_{vorh}	0,05559	[-]	
S_1 (Bauart und Nachtlüftung)	0,103		Wohngebäude, Klimaregion B, mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung
S_2 (Fensterflächenanteil)	-0,043		
S_3 (Sonnenschutzglas)	0,000		
S_4 (Fensterneigung)	0,000		
S_5 (Orientierung)	0,000		
S_6 (passive Kühlung)	0,040		
S_{zul}	0,10026	[-]	✓
Unterschreitung der Anforderungen		45 %	

mit dem vereinfachten Verfahren nach DIN 4108-2 [25] oder auch mit einer thermischen Simulation geführt werden. Bei dem vereinfachten Verfahren werden zulässige Sonneneintragskennwerte, welche nach Tabellenwerten für pauschalisierte Randbedingungen sowie ein normatives Standardklima zu ermitteln sind, dem tatsächlich vorhandenen Wärmeeintrag über transparente Bauelemente gegenübergestellt.

Ein gutes Bewertungsergebnis für den sommerlichen Wärmeschutz hängt jedoch zusätzlich noch von anderen Parametern ab, etwa von:

- dem Standort des Gebäudes (Sommer-Klimaregion),
- der Orientierung und Neigung der Fensterflächen,
- der Art der Verglasung (z. B. Sonnenschutzverglasung),
- der evtl. vorhandenen Sonnenschutzvorrichtung (z. B. außenliegende Jalousien oder Rollläden) und deren Lage (z. B. außenliegend),
- der Möglichkeit zur Nachtlüftung (z. B. mechanisches Lüftungsgerät),
- der thermischen Speicherefähigkeit des Gebäudes (leichte, mittlere oder schwere Bauweise),
- der Möglichkeit zum Einsatz passiver Kühlung.

All diese Parameter sind jedoch häufig mit zusätzlichen Kosten verbunden, sodass schlussendlich die Optimierung zwischen bestmöglicher Tageslichtversorgung und konstruktivem Überhitzungsschutz oftmals eine Kostenfrage darstellt. Für die NH-Bewertung wird die Übererfüllung der gesetzlichen Anforderungen nach DIN 4108-2 mit entsprechend hohen Punkten belohnt.

Die Betrachtung eines Beispielraums soll die Bewertung der beiden Kriterien verdeutlichen (s. Bild 21). Der hier dargestellte Wohnraum hat eine Nettogrundfläche von 32,85 m² und eine Fensterfläche von insgesamt 14,61 m², daraus ergibt sich ein grundflächenbezogenes Fensterflächenverhältnis L_i von 44 %. Mit diesem Wert können für den betrachteten Raum zehn Tageslichtpunkte vergeben werden, welche die maximal erreichbare Punktzahl für die Tageslichtversorgung darstellen. Alle Fenster sind 3-fach verglast und besitzen einen Energiedurchlassgrad (g -Wert) von 0,50 [-], zusätzlich ist für alle Fenster des Raums ein außenliegender Sonnenschutz (Jalousie mit drehbaren Lamellen) vorgesehen. Für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes sind die Werte in Tabelle 14 zusammengefasst.

Um also optimale Erfüllungsgrade in beiden Kriterien zu erzielen, sollten die Fensterflächenanteile bezogen auf die jeweilige Nettogrundfläche des Raums zwischen 30 % bis 45 % liegen. Vor allem für die maßgebenden Räume des sommerlichen Wärmeschutzes sollte darauf geachtet werden, dass der Anteil der Fensterflächen nicht zu hoch wird, da hier eine 40%ige Übererfüllung des gesetzlich vorgeschriebenen Standards die bestmögliche Punktzahl bei der Nachhaltigkeitsbewertung einbringt [26].

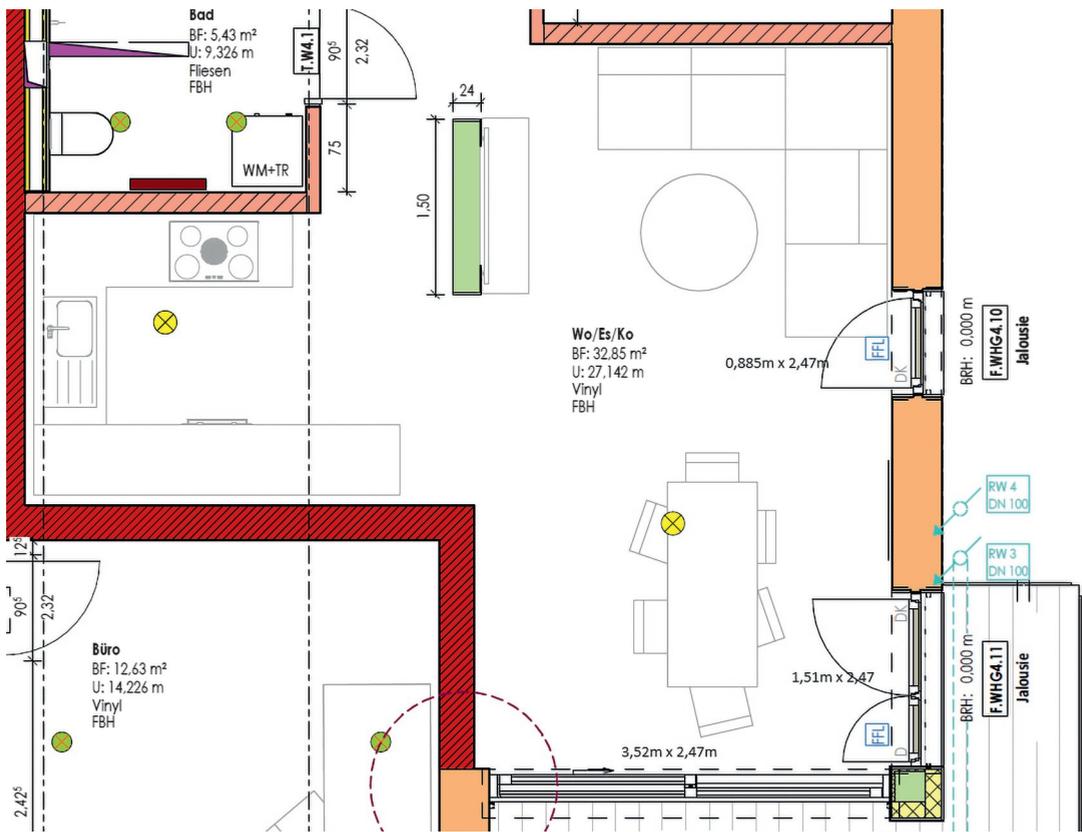


Bild 21. Darstellung Beispielraum für Kriterium Tageslichtversorgung und sommerlicher Wärmeschutz (Bildquelle: Grimm GmbH)

4.4 Meilenstein III – Ausschreibung

In der Phase der Ausschreibung und Vergabe werden die Anforderungen aus der Planung in Leistungsverzeichnisse integriert. Dabei gilt es zu beachten, dass die an der Ausschreibung teilnehmenden Firmen bei sehr detaillierter Ausschreibung ggf. stark eingeschränkt werden können. Ist diese Einschränkung zu stark, kann dies wiederum dazu führen, dass sich nur wenige Firmen an der Ausschreibung beteiligen. Gleichzeitig ist für die Einhaltung der Anforderungen an die Schadstofffreiheit nach QNG [27] eine Beschränkung auf zertifizierte Bauprodukte unerlässlich, da bei Nichteinhaltung die Förderkonditionen in Gefahr sind. Hier gilt es also, das richtige Maß zu finden und mit dem Nachunternehmer bzw. dem Zulieferer in einen engen Austausch zu den QNG-Randbedingungen zu gehen. Für einen vollständigen Nachweis nach QNG sind alle Bauprodukte zu bewerten, die vor Ort (bauseitig) verarbeitet oder fest eingebaut/installiert wurden. Dabei werden grundsätzlich die folgenden Bauproduktklassen¹⁰⁾ unterschieden:

- Bodenbeläge,
- Verlegewerkstoffe,
- Kleb- und Dichtstoffe,
- Belegungen und Beschichtungen überwiegend mineralischer Oberflächen,
- Beschichtungen/Lackierungen auf Metall, Holz und Kunststoff,
- Beschichtungen für den Korrosions- und Brandschutz,
- Imprägnierungen zum Zweck des chemischen Holzschutzes,
- Holzwerkstoffplatten,
- Bauprodukte auf Bitumenbasis,
- Bauprodukte aus Kunststoffen oder Metallen,
- Dämmstoffe,
- Bauprodukte haustechnischer Installationen.

oberflächennahe Baumaterialien relevant sind. Ziegelprodukte sind, für sich gesehen, nahezu frei von Schadstoffen, da der Brennprozess fast alle negativen Stoffe beseitigt [28]. Somit sollten die Materialien des Innenausbaus mit entsprechender Sorgfalt ausgewählt werden, um die durchweg positiven Eigenschaften des Ziegelprodukts nicht zu konterkarieren.

10) Aus dieser Aufstellung der Bauproduktklassen wird deutlich, dass im Hinblick auf die Schadstofffreiheit v. a.

Um Bauprodukte der genannten Klassen zu bewerten, sind entsprechende Nachweise zu sammeln, so beispielsweise Zertifikate, aus denen der VOC-Gehalt, der Formaldehyd-Gehalt oder andere Werte für die Bewertung anhand der QNG-Schadstofftabelle [27] hervorgehen. Diese Nachweise sind auf die Einhaltung der QNG-Anforderungen der zugehörigen Baustoffklasse hin zu überprüfen und nachvollziehbar zu dokumentieren. Zulässige Nachweisdokumente können beispielsweise Sicherheitsdatenblätter, technische Merkblätter, EPDs, aber auch Herstellererklärungen zu Inhaltsstoffen sein, sofern ihnen entsprechende Werte entnommen werden können. In der gängigen Praxis benötigen auch erfahrene NH-Auditoren zwischen 20 und 40 Minuten Zeit je dokumentiertem Baustoff. Die Verwendung gleicher Produkte erleichtert eine solche Dokumentation, wobei hier unbedingt darauf zu achten ist, dass die Nachweisdokumente zum Zeitpunkt der Zertifizierung gültig sind. EPDs beispielsweise haben eine 5-jährige Gültigkeit und müssen nach Ablauf dieser fünf Jahre neu ausgestellt werden. Hilfreich bei der Bewertung von verwendeten Materialien sind entsprechende Labels, z. B. das Umweltzeichen EMICODE oder Siegel wie der „Blaue Engel“, welche die Tauglichkeit als QNG-geeignete Bauprodukte belegen.

4.4.1 Nachweis der Schadstofffreiheit

Um das Kriterium der Schadstofffreiheit erfüllen zu können, ist ein enger Austausch mit dem Nachunternehmer bzw. dem Zulieferer überaus wichtig. Ggf. muss im Vorfeld sichergestellt werden, dass dem Nachunternehmer die Folgen einer nicht QNG-gerechten Umsetzung klar sind. Der Nachunternehmer muss ggf. für die verwendeten Produkte Zertifikate erstellen lassen (sofern er diese nicht vorweisen kann) bzw. muss mit seinem Zulieferer die Verwendung von bestimmten Produkten vereinbaren, für die entsprechende Nachweise verfügbar sind. Das wirkt sich häufig nicht nur auf den zeitlichen Verlauf, sondern auch auf die Wirtschaftlichkeit aus, da zertifizierte Produkte oftmals teurer sind. Es empfiehlt sich hier in Form einer schriftlichen Vereinbarung eine „QNG-Klausel“ im Nachunternehmervertrag zu verankern. So können die Verantwortlichkeiten auf mehrere Schultern verteilt werden und dem Zulieferer wird die enorme Bedeutung der Verwendung zertifizierter Bauprodukte dargelegt. Gerade bei Handwerkern und Zulieferern stößt man in dieser Planungsphase auf erhebliche Gegenwehr, da noch lange nicht für alle Bauprodukte Zertifikate vorliegen (das ist zurzeit eine idealisierte Vorstellung). Somit müssen die weniger verfügbaren, zertifizierten Bauprodukte identifiziert und die Lagerhaltung entsprechend angepasst werden. Mitarbeiter müssen ggf. in der korrekten Umsetzung der QNG-Schadstofftabelle und der darin enthaltenen Anforderungen geschult werden, was insgesamt als Hemmnis angesehen werden kann. Diese Herausforderungen gilt es heute und in Zukunft zu meistern, Tabelle 15 zeigt beispielhaft ge-

werkebezogen die durch QNG zusätzlich anfallenden Nachweise.

Das Prozedere für die Nachweisführung soll anhand eines Beispiels näher erläutert werden. Die QNG-Schadstofftabelle (bekannt als Anhangdokument 3.1.3 [27]) fordert z. B. für Innenfarben unter 5.5 die Einhaltung folgender Grenzwerte:

Produkte, die unter die Rubrik „Beschichtungen auf überwiegend mineralischen Oberflächen im Gebäudeinneren: Beton, Mauerwerk, Mörtel, Spachtel, Putze sowie Gipsplatten, Tapeten, Vliese, etc.“ fallen, müssen *lösemittelfrei, formaldehydfrei* und *weichmacherfrei* gemäß VdL-Richtlinie 01 sein.

Das bedeutet, dass die Inhaltsstoffe auf dem Etikett und in den technischen Merkblättern vollständig aufgeführt und deklariert werden müssen.

Zur Unterstützung der Auswahl und Dokumentation der Baumaterialien für die Schadstofffreiheit QNG-geförderter Projekte gibt es heute verschiedene Datenbanken, die gängige Produkte und deren Eigenschaften auflisten. Zu nennen sind hier u. a. „wecobis“¹¹⁾ und „baubook“¹²⁾.

4.4.2 Nachweis von nachhaltigem Holz

Der Begriff der Nachhaltigkeit ist seit jeher eng mit dem Material Holz verknüpft. Das hat seinen Ursprung u. a. in der Forstwirtschaft, hier wird nämlich schon seit dem 18. Jahrhundert das Nachhaltigkeitsprinzip verbindlich verfolgt. Der Wald als nachwachsender CO₂-Speicher muss nachhaltig bewirtschaftet werden, um den Holzbedarf der heutigen Generation decken zu können, ohne gleichzeitig die nachfolgenden Generationen dieser Ressource zu berauben.

Förderfähige Projekte müssen also, sofern Holz bzw. Holzprodukte im Gebäude verbaut werden, nachweislich 50 % ihres (Bau-)Holzes aus nachhaltiger Forstwirtschaft beziehen und dies auch mit einem entsprechenden Zertifikat belegen können. QNG schreibt derzeit FSC¹³⁾- bzw. PEFC¹⁴⁾-Zertifikate als Nachweis vor, was bei entsprechend großer Nachfrage in Anlehnung an Tabelle 15 zu Beschaffungsproblemen und höheren Kosten führen kann.

11) Online unter www.wecobis.de.

12) Online unter www.baubook.info/de.

13) FSC = engl. Forest Stewardship Council.

14) PEFC = engl. Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes.

Tabelle 15. Herausforderungen durch QNG-Kriterium „Schadstoffe in Baumaterialien“ im Vergleich zu bisherigen Gebäudestandards (Quelle: Grimm GmbH)

Gewerk	Standardgebäude	QNG	Herausforderung
Elektriker	„normale“ Leerrohre	zertifizierte Lehrrohre	Wirtschaftlichkeit
HLS	Dämmung HLS-Leitungen	zertifizierte Dämmung	Wirtschaftlichkeit
Rohbauer	Nutzung von Schalöl	keine Nutzung von Schalöl	Ausführbarkeit
Bodenbeläge	freie Auswahl	Grenzwerte einhalten	Wirtschaftlichkeit/Ausführbarkeit
Verlegewerkstoffe	freie Auswahl	Grenzwerte einhalten	Wirtschaftlichkeit
Abdichtung	Bitumen	Grenzwerte einhalten	Wirtschaftlichkeit
Tischlerarbeiten/Innenausbau	„normales“ Holz	nachhaltiges Holz(FSC-Zertifikat)	Wirtschaftlichkeit/Verfügbarkeit

4.5 Meilenstein IV – Bauausführung

Eine professionelle und auf Nachhaltigkeit ausgelegte Bauausführung trägt entscheidend dazu bei, die Gesamtgebäudeeffizienz in der Betriebsphase zu gewährleisten, Umweltbelastungen zu reduzieren, Ressourcen zu schonen und eine hohe Lebensqualität der zukünftigen Bewohner sicherzustellen. Außerdem trägt eine hochwertige Bauausführung zur Verlängerung der Lebensdauer eines Gebäudes bei. Denn durch präzise Planung und Ausführung werden Bauschäden vermieden, die zu aufwendigen Reparaturen und einem vorzeitigen Abriss führen könnten. Daher ist es ungemein wichtig, bei jedem Arbeitsschritt der Bauausführung auf eine qualitativ hochwertige Umsetzung zu achten. Bild 22 zeigt die wichtigsten Arbeitsschritte der Bauausführung anhand des Baufortschritts für das NH-Pilotprojekt. Der Baustart beginnt mit dem Aushub von Boden und der Erstellung der Baugrube mit entsprechender Bodenverdichtung für das unterkellerte Gebäude. Diese Arbeiten stellen die Grundlage für die nächsten Arbeitsschritte dar und beeinflussen maßgeblich den weiteren Baufortschritt. Es folgt die Verlegung der Perimeterdämmung und die Betonage der Bodenplatte, um eine solide Basis für das Gebäude zu schaffen. Eine qualitativ hochwertige Ausführung ist hier besonders wichtig, da Energieeffizienzkriterien direkt von diesen Arbeiten betroffen sind und eine sorgfältige Umsetzung Schäden am Gebäude vermeidet. Ein wichtiger Indikator für eine hochwertige Bauausführung ist das Wetter während der einzelnen Bauphasen, da bestimmte Arbeiten z. B. bei winterlichen Verhältnissen (Frost) nicht in guter Qualität ausgeführt werden können.

In einem nächsten Schritt werden die Geschossdecken erstellt, sie definieren den Abschluss der einzelnen Etagen des Gebäudes und müssen während der gesamten Gebäudelebensdauer tragfähig sein. Sorgfalt bei der Erstellung der Bewehrung spielt somit nicht nur hinsichtlich der Gebäudestabilität, sondern auch bei der Gebrauchstauglichkeit (Vermeidung von Rissen) eine überaus wichtige Rolle. Der finalisierte Rohbau stellt den Abschluss der grundlegenden Bauarbeiten dar, be-

vor mit den Abdichtungsarbeiten des Kellergeschosses begonnen werden kann. Der Schutz des Gebäudes vor Feuchtigkeit sowohl während der Bauphase als auch im gesamten Lebenszyklus ist eine wesentliche Aufgabe der Bauausführung, da somit Gebäudeschäden sowie optische Beeinträchtigungen grundsätzlich vermieden werden können.

Ein weiterer entscheidender Schritt in der Bauausführung ist der Fenstereinstbau, denn Fenster lassen Licht und Luft in das Gebäude und sorgen gleichzeitig (in geschlossenem Zustand) für einen guten Wärmeschutz. Eine präzise Montage stellt hier einen entscheidenden Faktor dar, denn so werden Wärmeverluste minimiert und eine gute Luftdichtheit gewährleistet. Zugluferscheinungen, Eindringen von Feuchtigkeit und erhöhte Energiekosten können auf diese Weise vermieden werden.

Die Rohinstallation umfasst die fachgerechte Verlegung von Leitungen für Elektrizität, Wasser und Heizung. Sie stellt somit die technische Infrastruktur des Gebäudes dar und ihre hochwertige Ausführung vermeidet Funktionsstörungen (z. B. Stromausfälle), Sicherheitsrisiken, Wasserschäden oder Heizungsprobleme.

Schließlich folgt der Innenausbau, bei dem die Räume gestaltet und ausgestattet werden, um sie bewohnbar zu machen. Dem Innenausbau kommt eine große Bedeutung zu, da seine präzise Ausführung direkten Einfluss auf die Behaglichkeit und das Wohlbefinden der Gebäudenutzer hat.

Um die Qualität der Arbeiten auf der Baustelle sicherzustellen, ist eine gute Kommunikation und Koordination zwischen Bauleitung und bauausführenden Firmen unumgänglich. Im fortwährenden Austausch und auf der Grundlage einer guten Planung können die verschiedenen Bauphasen in hoher Qualität abgewickelt werden. Zur Qualitätssicherung können auch verschiedene, zusätzlich angeordnete Messungen entscheidend beitragen. Solche Messungen sind z. B.

- Blower-Door-Messung,
- Messung der Innenraumluftqualität,
- Infrarot-Thermografie oder
- Schallmessungen (in situ).

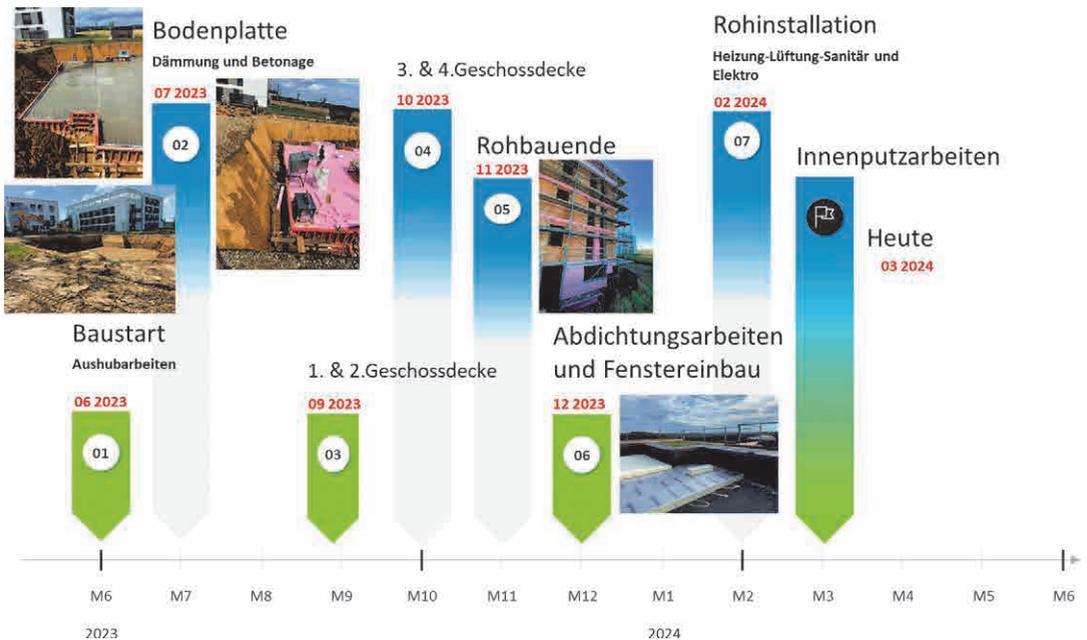


Bild 22. Meilensteine in der Ausführung beim Pilotprojekt (Bildquelle: Grimm GmbH)

Wie bzw. wodurch eine zusätzliche Messung zur Gebäudequalität beitragen kann, soll kurz anhand der Blower-Door-Methode erklärt werden. Sie stellt ein Verfahren zur Überprüfung der Luftdichtheit eines Gebäudes dar. Dabei wird eine spezielle Tür, die als „Blower-Door“ bezeichnet wird und mit einem Ventilator ausgestattet ist, in eine Tür- oder Fensteröffnung des Gebäudes eingebaut. Durch die Blower-Door wird ein definierter Luftstrom erzeugt, der den Druckunterschied zwischen Innen- und Außenbereich des Gebäudes simuliert. Während der Messung kommen verschiedene Messgeräte zum Einsatz, um den Luftdurchlass und den Druckunterschied zu erfassen. Anhand dieser Daten wird die Luftwechselrate des Gebäudes bestimmt, was Aufschluss über die Luftdichtheit bzw. über potenzielle Undichtigkeit gibt.

Das Blower-Door-Verfahren wird in der Regel von spezialisierten Fachfirmen durchgeführt, die die Mess-

ergebnisse interpretieren und bei Bedarf Empfehlungen zur Verbesserung der Luftdichtheit des Gebäudes geben können. Durch die Identifizierung von Undichtigkeiten können Energieverluste reduziert, der Wohnkomfort gesteigert und die Energieeffizienz des Gebäudes verbessert werden. Somit ist auch klar, warum dieses Verfahren als Instrument der Qualitätssicherung dient, da undichte Stellen in der Gebäudehülle nicht nur identifiziert werden, sondern in Folge auch von den ausführenden Firmen beseitigt werden müssen.

Im Zuge einer NH-Zertifizierung werden zusätzlich durchgeführte Messungen, welche zur Erhöhung der Gebäudequalität beitragen und folglich auch zusätzliche Kosten und ggf. Maßnahmen zur Folge haben, mit einer höheren Punktzahl bei der Prozessqualität bewertet und tragen somit zu mehr Nachhaltigkeit bei.

4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Pilotprojekt

Bei der Nachhaltigkeitszertifizierung gilt das performance-orientierte, ganzheitliche Bewertungsprinzip. Oder anders ausgedrückt: Die schlechte Bewertung des einen Kriteriums kann durch die bessere Bewertung eines anderen Kriteriums „ausgeglichen“ werden, solange immer die Mindestanforderungen des jeweiligen Kriteriums (= Erfüllungsgrad von 10%) eingehalten werden.

Durch die verpflichtenden Anforderungen an den energetischen Standard EH 40 und die zugrunde liegenden QNG-Rechenregeln für die Ökobilanzierung sowie die Forderung des Mindesterfüllungsgrads von 10 % je Kriterium werden einige wichtige BNK/BNG-Kriterien stark beeinflusst und führen grundsätzlich zu einer Bewertungspunktzahl in Höhe von ca. 35 % (siehe auch Bild 23). Betrachtet man im nächsten Schritt zusätzlich die QNG-Anforderungen, welche als harte Benchmarks unumgänglich für die zweite Förderstufe sind, erhöht sich die Bewertungspunktzahl auf ca. 44 % (s. Bild 24). Diese Kriterien betreffen die Innenraumluftqualität, Barrierefreiheit sowie Nutzung von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

	Nr.	Kriterium/Indikator	Erfüllungsgrad
Sozio-Kulturelles	1.1.1	Wohngesundheit:Innenraumlufthygiene	0,577 %
	1.1.2	Wohngesundheit: Trinkwasserhygiene	0,192 %
	1.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz	0,192 %
	1.3.1	Tageslichtverfügbarkeit	0,962 %
	1.4.1	Schallschutz	0,385 %
	1.5.1	Haustechnik: Bedienfreundlichkeit und Informationsgehalt der Steuerung	0,192 %
	1.6.1	Sicherheit: Präventive Schutzmaßnahmen gegen Einbruch	0,192 %
	1.6.2	Sicherheit: Brandmeldung und Brandbekämpfung	0,192 %
	1.7.1	Barrierefreiheit	0,385 %
LCC	2.1.1	Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus	15,000 %
Ökologie	3.1.1	Ökobilanz: Treibhauspotenzial und andere Umweltwirkungen	5,882 %
	3.1.2	Ökobilanz: Primärenergie	5,441 %
	3.2.1	Dezentrale Erzeugung regenerativer Energie	2,206 %
	3.3.1	Einsatz von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung	0,294 %
	3.4.1	Einsatz von Wasserspararmaturen	0,147 %
	3.5.1	Flächenausnutzung	0,294 %
Prozess	4.1.1	Beratungsgespräch und Zielvereinbarung	0,625 %
	4.2.1	Gebäudeakte inkl. Nutzerhandbuch	0,938 %
	4.3.1	Qualitätssicherung	0,938 %

Bild 23. Bewertung der BNK/BNG-Steckbriefe durch Einhaltung der EH40-Anforderungen (Quelle: BV Ziegel)

	Nr.	Kriterium/Indikator	Erfüllungsgrad
Sozio- Kulturelles	1.1.1	Wohngesundheit: Innenraumlufthygiene	3,461 %
	1.1.2	Wohngesundheit: Trinkwasserhygiene	0,192 %
	1.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz	0,192 %
	1.3.1	Tageslichtverfügbarkeit	0,962 %
	1.4.1	Schallschutz	0,385 %
	1.5.1	Haustechnik: Bedienfreundlichkeit und Informationsgehalt der Steuerung	0,192 %
	1.6.1	Sicherheit: Präventive Schutzmaßnahmen gegen Einbruch	0,192 %
	1.6.2	Sicherheit: Brandmeldung und Brandbekämpfung	0,192 %
	1.7.1	Barrierefreiheit	3,077 %
LCC	2.1.1	Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus	15,000 %
Ökologie	3.1.1	Ökobilanz: Treibhauspotenzial und andere Umweltwirkungen	5,882 %
	3.1.2	Ökobilanz: Primärenergie	5,441 %
	3.2.1	Dezentrale Erzeugung regenerativer Energie	2,206 %
	3.3.1	Einsatz von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung	1,470 %
	3.4.1	Einsatz von Wasserspararmaturen	0,147 %
	3.5.1	Flächenausnutzung	0,294 %
Prozess	4.1.1	Beratungsgespräch und Zielvereinbarung	0,625 %
	4.2.1	Gebäudeakte inkl. Nutzerhandbuch	0,938 %
	4.3.1	Qualitätssicherung	0,938 %

Bild 24. Bewertung der BNK/BNG-Steckbriefe durch Einhaltung der EH40- und QNG-Anforderungen (Quelle: BV Ziegel)

	Nr.	Kriterium/Indikator	Erfüllungsgrad
Sozio-Kulturelles	1.1.1	Wohngesundheit: Innenraumlufthygiene	3,461 %
	1.1.2	Wohngesundheit: Trinkwasserhygiene	0,192 %
	1.2.1	Sommerlicher Wärmeschutz	0,192 %
	1.3.1	Tageslichtverfügbarkeit	0,962 %
	1.4.1	Schallschutz	0,385 %
	1.5.1	Haustechnik: Bedienfreundlichkeit und Informationsgehalt der Steuerung	0,192 %
	1.6.1	Sicherheit: Präventive Schutzmaßnahmen gegen Einbruch	0,192 %
	1.6.2	Sicherheit: Brandmeldung und Brandbekämpfung	0,192 %
	1.7.1	Barrierefreiheit	3,077 %
LCC	2.1.1	Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus	15,000 %
Ökologie	3.1.1	Ökobilanz: Treibhauspotenzial und andere Umweltwirkungen	5,882 %
	3.1.2	Ökobilanz: Primärenergie	5,441 %
	3.2.1	Dezentrale Erzeugung regenerativer Energie	2,206 %
	3.3.1	Einsatz von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung	1,470 %
	3.4.1	Einsatz von Wasserspararmaturen	0,147 %
	3.5.1	Flächenausnutzung	0,294 %
Prozess	4.1.1	Beratungsgespräch und Zielvereinbarung	6,250 %
	4.2.1	Gebäudeakte inkl. Nutzerhandbuch	4,688 %
	4.3.1	Qualitätssicherung	7,031 %

Bild 25. Bewertung der BNK/BNG-Steckbriefe durch Einhaltung der EH40- und QNG-Anforderungen und zusätzliche Fleißarbeit (Quelle: BV Ziegel)

Ein zusätzlicher Schritt zur Optimierung der NH-Bewertung, welcher hier mit „Fleißarbeit“ bezeichnet wird, führt zu einer weiteren Erhöhung der Bewertungszahl auf ca. 59 % (s. Bild 25). Es lässt sich also darstellen, dass durch die Erfüllung der grundlegenden Anforderungen für die Förderung, welche obligatorisch einzuhalten sind und mit einem zusätzlichen Dokumentations- und Beratungsaufwand auf der Seite der Planenden verbunden sind, bereits die Bronze-Medaille für das BNK/BNG-Gütesiegel vergeben werden kann.

Unter „Fleißarbeit“ fallen hauptsächlich die Kriterien der Prozessqualität wie die

- intensive und ausführliche Beratung der Bauherrenschaft,
- akribische Erstellung des Gebäudehandbuchs (Vollständigkeit) und dessen Übergabe an den Gebäudenutzer,
- Durchführung von zusätzlichen Messungen und Begutachtungen zur Sicherung der Gebäudequalität.

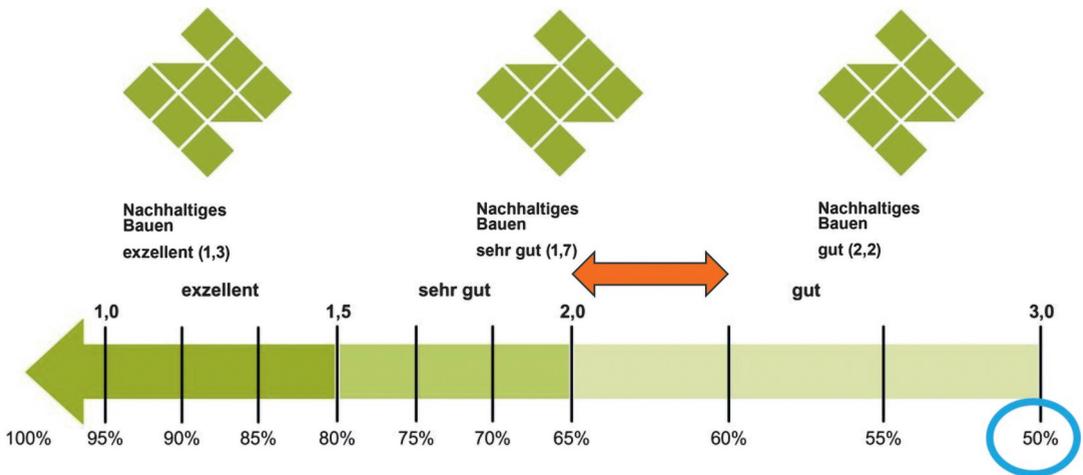


Bild 26. Möglicher Gesamterfüllungsgrad nach BNK/BNG-Siegel für das Pilotprojekt (Bildquelle: BV Ziegel)

Nachdem nun, bedingt durch die Vorgaben für ein förderfähiges Gebäude durch QNG und das jeweilige Bewertungssystem, schon 12 der 19 Steckbriefe bewertet und ein Erfüllungsgrad von deutlich über 50% erreicht wurde, verbleiben noch weitere sieben Steckbriefe für eine vollständige NH-Zertifizierung. Diese sind „konstruktive“ Kriterien, die durch die Einhaltung von konstruktiven Vorgaben für Gebäudeausstattungen weitere Punkte „sammeln“ können. Für diese verbliebenen Kriterien ist eine Bewertung mit mehr als zehn Prozentpunkten durchaus realistisch, sodass man am Ende der Zertifizierung ohne Schwierigkeiten einen Gesamterfüllungsgrad für das Gebäude zwischen 60% und 65% erreichen kann (s. Bild 26).

Fasst man also die in den Bildern 23 bis 25 dargestellten Schritte der NH-Bewertung zusammen, lassen sich daraus vier Handlungsempfehlungen für die erfolgreiche Zertifizierung ableiten:

1. Stellen Sie frühzeitig Ihr Planungsteam zusammen und integrieren Sie die Expertise Ihrer Fachplaner von Beginn an in Ihren fortlaufenden Planungsprozess. Dies ist besonders wichtig, wenn Sie ein Nachhaltigkeitszertifikat anstreben oder eine KfN-Förderung erhalten wollen. Auf diese Weise sparen Sie sich kosten- und zeitaufwendige Umplanungen und können den ganzheitlichen, performance-orientierten Nachhaltigkeitsansatz effizient umsetzen.
2. Legen Sie möglichst früh im Planungsprozess einen starken Fokus auf die Einhaltung der EH40-Anforderungen, denn davon hängt die gesamte Zertifizierung ab. Womit lassen sich diese Anforderungen tendenziell einhalten? Die Gebäudehülle ist in Richtung eines Passivhausstandards zu optimieren, ein entscheidender Aspekt dabei stellt der Wärmebrückenzuschlag dar. Ein Gleichwertigkeitsnachweis ist hier nicht ausreichend, sondern es wird die detaillierte Ermittlung der Verluste durch Wärmebrücken notwendig. Die pauschalen WB-Zuschläge nach Kategorie A und B gemäß DIN 4108 Beiblatt 2, welche mit einer konstruktiven oder bildlichen Gleichwertigkeit nachgewiesen werden können, sind hier nicht gut genug. Für die Gebäudetechnik können z. B. Kombi-Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser mit entsprechend dimensioniertem Pufferspeicher zur Anwendung kommen. Zusätzlich sollte die Gebäudetechnik mit einer PV-Anlage, welche ohnehin in fast allen Bundesländern per Solarpflicht im Neubaubereich gefordert ist, ausgestattet werden. Die PV-Anlage in Kombination mit einem passenden Stromspeicher ist ein wichtiger Aspekt, welcher zu einem späteren Zeitpunkt in der Planung, bei der Erstellung der Ökobilanz, eine wichtige Rolle spielen wird. Die Nutzung von gebäudenah erzeugtem Solarstrom ist unbedingt notwendig, um den obligatorisch anzusetzenden Nutzerstrom von $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF,beh. a}})$ kompensieren zu können.
3. Haben Sie bereits zu einem frühen Zeitpunkt in Ihrer Planung die QNG-Anforderungen an Schadstofffreiheit, Barrierefreiheit und die Beschaffung von nachweislich nachhaltigem Holz – sofern Holz bzw. Holzwerkstoffe planmäßig in Ihrem Gebäude zum Einsatz kommen sollen – im Blick. Diese Benchmarks sind harte Benchmarks und lassen sich nicht durch eine bessere Bepunktung anderer Kriterien kompensieren.
4. Die ausführliche Beratung der Bauherrenschaft zu den wichtigsten Nachhaltigkeitskriterien im Vorfeld sowie die akribische Dokumentation und die Qualitätssicherung durch die eine oder andere Messung bzw. Einholung einer zusätzlichen Gutachtermeinung führt zu einer hohen Bewertung bei den Kriterien der Prozessqualität.

5 Fazit und Ausblick

Die Ziegelbauweise im Wohnungsbau ist ein Allroundtalent und liefert eine gute Gesamt-Gebäude-Performance, und das nicht nur hinsichtlich ihrer allseits bekannten, vielfältigen technischen und bauphysikalischen Eigenschaften, sondern auch im Hinblick auf moderne, auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit ausgerichtete Zielvorgaben. Die Bauweise ist demnach nicht nur aus heutiger Sicht nachhaltig und genügt den Anforderungen an „Klimafreundliche Neubauten“, sondern bietet auch für die Weiterentwicklung von technologieoffen angelegten Fördermechanismen und Bewertungsbenchmarks enormes Potenzial. Trotz schwieriger und aufwendiger Berechnungen und Nachweise, strenger Vorgaben für Rechenalgorithmen und kurzlebiger Bilanzierungszeiträume lohnt sich die tiefergehende Planung hin zu mehr Nachhaltigkeit. Die solide und bewährte Bauweise zeigt sich nahezu unbeeindruckt gegenüber Änderungen in der Planung und gleicht nachteilige Bewertungen zuverlässig aus. Mit einem gut eingespielten Planungsteam, einer gesunden und transparenten Kommunikation und einem berechnenden Weitblick für QNG-anfällige Engstellen in wichtigen Planungs- und Umsetzungsphasen können die Herausforderungen problemlos gemeistert, Nachhaltigkeit zertifiziert und Neubauförderungen abgegriffen werden.

Literatur

- [1] BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020) *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG)*. Berlin: BMWi. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-beg-wg.html>
- [2] BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020) *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)*. Berlin: BMWi. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-beg-em.html>
- [3] BMWBS Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2023) *Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Klimafreundlicher Neubau (KfN)*. Berlin: BMWBS.
- [4] DIN 4108 Beiblatt 2: 2019-06 (2019) *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Beiblatt 2: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele*. Berlin: Beuth.
- [5] Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. (2021) *Ziegel Wärmebrückenkatalog 5.0*. [Software und PDF]. Villach: ESS EDV Software Service GmbH. <https://ziegel-bauphysiksoftware.ax3000-group.de/lrz>
- [6] DIN EN ISO 14040:2021-02 (2021) *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen; Deutsche Fassung*. Berlin: Beuth.
- [7] DIN EN ISO 14044:2021-02 (2021) *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen; Deutsche Fassung*. Berlin: Beuth.
- [8] DIN EN 15804:2022-03 (2022) *Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung*. Berlin: Beuth.
- [9] Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. (2021) *Umwelt-Produktdeklaration für Mauerziegel (mit Dämmstoff gefüllt)*. Berlin: BV der Deutschen Ziegelindustrie e. V. <https://epd-online.com/EmbeddedEpdList/Download?id=14392>
- [10] BMWBS Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2024) *ÖKOBAUDAT – Informationsportal Nachhaltiges Bauen; Version 2021-I* [online]. Berlin: BMWBS, 2021. <https://www.oekobaudat.de> [Zugriff am 20. März 2024]
- [11] Nisse, J.; Holm, A. (2022) *Gebäude-Ökobilanzen im Wandel der Zeit* in: Mauerwerk 26, Heft 2, S. 70–76. <https://doi.org/10.1002/dama.202200003>
- [12] BMWBS Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2023) *Ökobilanzierung-Rechenwerte 2023*. Berlin: BMWBS.
- [13] LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH (2024) *Bauen mit Ziegel im Förderprogramm Klimafreundlicher Neubau – Ökobilanzstudie Muster MFH*. Darmstadt: LCEE.
- [14] LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH (2024) *Bauen mit Ziegel im Förderprogramm Klimafreundlicher Neubau – Ökobilanzstudie Muster EFH*. Darmstadt: LCEE.
- [15] BMWBS Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2023) *Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude*. Berlin: BMWBS.
- [16] DIN V 18599, Teile 1 – 10: 2018-09 (2018) *Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung*. Berlin: Beuth.
- [17] FIW Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (2024) *Kurzstudie zum Anteil der Ziegelgebäude über die Baualterklassen des deutschen Gebäudebestands*. München: FIW.
- [18] Geres, R. et al. (2021) *Roadmap für eine treibhausgasneutrale Ziegelindustrie in Deutschland – Ein Weg zur Klimaneutralität der Branche bis 2050*. Berlin: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
- [19] DIN 276:2018-12 (2018) *Kosten im Bauwesen*. Berlin: Beuth.
- [20] BBSR Bundesministerium für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017) *Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*. Berlin: BBSR.

- [21] BiRN Bauinstitut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (2015) *Steckbrief 2.1.1 – Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus*. Bamberg: BiRN.
- [22] DIN 277:2021-08 (2021) *Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau*. Berlin: Beuth.
- [23] BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017) *Zukunft Bauen – Forschung für die Praxis, Band 05/ready kompakt – Planungsgrundlagen zur Vorbereitung von altengerechten Wohnungen*. Berlin: BBSR.
- [24] BiRN Bauinstitut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (2015) *Steckbrief 1.3.1 – Tageslichtverfügbarkeit*. Bamberg: BiRN.
- [25] DIN 4108-2:2013-02 (2013) *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*. Berlin: Beuth.
- [26] BiRN Bauinstitut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (2015) *Steckbrief 1.2.1 – Sommerlicher Wärmeschutz*. Bamberg: BiRN.
- [27] BMWBS Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2023) *Anhangdokument 3.1.3 Schadstoffvermeidung in Baumaterialien*. Berlin: BMWBS.
- [28] Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. (2000) *Gesundheit- und umweltverträgliche Baustoffe*. AMz-Bericht 6/2000. Bonn: AMz. https://www.ziegel.de/sites/default/files/2022-01/O_05__AMz-Bericht_006_2000_GUB%5B1357%5D.pdf

