

Stefan Plessner, Lars Altendorf, Marvin Koch, Ann-Kristin Mühlbach, Thomas Wilken, Manfred Norbert Fisch

Entwicklung einer Methodik zur Integralen Qualitätssicherung über den gesamten Gebäude- Lebenszyklus auf Basis der DIN V 18599

F 2973

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2015

ISBN 978-3-8167-9619-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



Abschlussbericht



Entwicklung einer Methodik zur Integralen Qualitätssicherung über den gesamten Gebäude-Lebenszyklus auf Basis der DIN V 18599

Bearbeitung:

Dr.-Ing. Stefan Plesser
Dipl.-Ing. Lars Altendorf
Marvin Koch M. Sc.
Ann-Kristin Mühlbach Cand. M. Sc.
Dipl. Ing. Arch. Thomas Wilken
Univ. Prof. Dr. Manfred Norbert Fisch

Datum:

31.08.15

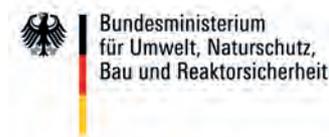


I. DANK

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-13.23)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.



Die Autoren danken dem Fördergeber und allen weiteren Beteiligten für Ihre intensive Unterstützung und die hervorragende Zusammenarbeit. Sie haben durch ihren persönlichen Einsatz zur Umsetzung des Vorhabens beigetragen. An dieser Stelle sind unsere Projektpartner synavision GmbH, Solar-Computer GmbH und energydesign braunschweig GmbH zu nennen.





II. AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Integrale Qualitätssicherung über den gesamten Gebäude-Lebenszyklus auf Basis der DIN V 18599“ erarbeitet das Institut für Gebäude- und Solartechnik eine Methodik für das energetische Qualitätsmanagement. Diese beruht auf einer strukturierten Konformitätsprüfung der Qualitäten, die im EnEV-Ausweis bestimmt worden sind, und den Qualitäten des erstellten Gebäudes. Aus dem Energiebedarfsausweis stehen dafür eine Vielzahl von Daten zu Baukörper, Gebäudehülle und den technischen Anlagen zur Verfügung, die für die Qualitätssicherung nutzbar gemacht werden. In Form von Checklisten wird der Anwender durch die entsprechenden Prüf- und Dokumentationsprozesse geleitet. Die pilothafte Umsetzung der Methodik erfolgt mit Hilfe der zwei Software-Entwickler Solar-Computer und synavision in dem Software-Werkzeug „task manager“.

Die Bearbeitung gliedert sich in folgende Schritte:

1. Auf Grundlage der Analyse von allgemeinen Qualitätsdefiziten im Bauwesen werden methodische und technische Lösungsansätze entwickelt, die im Kern auf den Vergleich von Soll- und Istwerten in aktiven Checklisten beruhen.
2. Über eine Sensitivitätsanalyse werden die EnEV-Qualitätsangaben ermittelt, die sowohl signifikanten Einfluss auf den Energiebedarf haben als auch mit angemessenem Aufwand prüfbar sind. Als Ergebnis steht eine finale Parameterliste zur Verfügung.
3. Zu den einzelnen Parametern werden Prüf- und Dokumentationsprozeduren festgelegt. Um die Durchführung im praktikablen Rahmen halten zu können, sind stichprobenartige Prüfungen mit klar definiertem Umfang anzustreben.
4. Die Solar-Computer GmbH prüft anschließend die Machbarkeit der Vorgaben und programmiert eine systemoffene Schnittstelle für den Export der notwendigen Daten aus der EnEV-Berechnung. Diese stehen als Sollwerte für den weiteren Prüfprozess zur Verfügung.
5. Zur Validierung wird die Methodik in sechs Gebäuden in verschiedenen Planungs- und Bauphasen angewendet und dokumentiert. Gebäudetypen und -nutzung unterscheiden sich dabei.
6. Die Qualitätssicherungsprozesse zu den Gebäuden werden im Hinblick auf Effizienz, Tauglichkeit und Praktikabilität evaluiert und in einem Fazit bewertet. Besonders erfolgt eine Bewertung des wirtschaftlichen Aufwands des Prüfprozesses für drei Gebäude.
7. Zum Abschluss werden die Ergebnisse der Gesamtevaluation zusammengetragen. In einem Ausblick werden Hinweise zur Optimierung der Qualitätssicherungsprozesse gegeben.

Vergleicht man die Inhalte des umgesetzten Projektes mit der Arbeitsplanung des genehmigten Antrages ergeben sich keine wesentlichen Änderungen. Für Verzögerungen in der Zeitplanung hat die Auswahl geeigneter Gebäude gesorgt. Die Praxistests konnten erst verspätet begonnen werden. Dadurch hat sich die Projektumsetzung um ein halbes Jahr verlängert.



III. INHALTSVERZEICHNIS

I.	Dank	2
II.	Aufgabenstellung	3
III.	Inhaltsverzeichnis	4
IV.	Abbildungsverzeichnis	6
V.	Tabellenverzeichnis	8
1	Zusammenfassung	9
2	Stand des Wissens und der Technik	11
2.1	Technische Komplexität und Qualitätsdefizite	11
2.2	Ursachen für Qualitätsdefizite	13
2.3	Die EnEV als Ausgangspunkt für energetische Qualität	14
3	Projektziel und Lösungsansatz	16
3.1	Projektziel	16
3.2	Lösungsansatz	17
3.2.1	EnEV und DIN V 18599 - Anforderungen an die Qualität	17
3.2.2	Methodische Lösungsansätze	19
3.2.3	Technische Lösungsansätze	20
4	Entwicklung der Methodik	21
4.1	Definition des Prozesskonzepts	21
4.2	Erste Selektion heuristisch nach Bedeutung (Sensitivität) und Prüfbarkeit	26
4.3	Detaillierte Sensitivitätsanalyse	28
4.3.1	Referenzgebäude nach DIN V 18599	28
4.3.2	Methodik	29
4.3.3	Auswertung	31
4.3.4	Prioritätenliste der Parameter für Qualitätssicherung	33
4.4	Entwicklung von Prüfprozeduren	35
4.5	Ergebnis: Finale Prüfliste	36
5	Aufbau des Software-Demonstrators	42
5.1	Software Solar-Computer	42
5.2	Software task manager	42
5.3	Umsetzung der Schnittstelle Solar-Computer / task manager	43
5.4	Umsetzung der Methodik im task manager	44
6	Praktische Anwendung in Gebäuden	48
6.1	Durchführung der praktischen Anwendung	48
6.2	Gebäudebeschreibung	50
6.3	Anwendung der Prüfprozeduren	51
6.3.1	Überprüfung Parameter „Art der Wärmeerzeugung“ – Planung	52
6.3.2	Überprüfung Parameter „maximaler Volumenstrom Zuluft“ – Planung	54
6.3.3	Überprüfung Parameter „Außenwand“ – Errichtung	55



6.3.4	Überprüfung Parameter „Leistung Wärmeerzeuger“ - Errichtung	56
6.3.5	Überprüfung Parameter „Betriebszeiten Heizung“ – Betrieb	57
6.3.6	Überprüfung Parameter „Heizung Systemtemperaturen“ – Betrieb	59
6.4	Bewertungsrahmen des wirtschaftlichen Aufwandes der Qualitätssicherung	60
6.4.1	Methodik der Bewertung	60
6.4.2	Ergebnisse Praktikabilität (nach Gewerk)	64
6.5	Fazit zur Praxisanwendung	70
7	Gesamtevaluation	74
8	Ausblick	77
9	Literatur	79



IV. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Reduzierung des Energiebedarfs - Steigerung der technischen Anforderungen	11
Abbildung 2	Wohngebäude in Deutschland - Entwicklung der Bedarfs- und Verbrauchskennzahlen	12
Abbildung 3	Qualitätssicherung - Schnittstelle im Planungs- und Bauprozess	13
Abbildung 4	Prüfung und Dokumentation des EnEV-Nachweises	14
Abbildung 5	Sicherung der Qualitätsanforderungen von Planung bis zum Betrieb	16
Abbildung 6	Verankerung der energetischen Qualitätssicherung im Planungs- und Bauprozess	17
Abbildung 7:	Struktur eines Qualitätsregelkreises nach Linß	19
Abbildung 8	Zusammenwirken der Komponenten EnEV-Nachweis, Checkliste und Prüfung Umsetzung	20
Abbildung 9	Prozessablauf der IQS-Methodik	21
Abbildung 10	Prüfphase Genehmigungsplanung	23
Abbildung 11	Prüfphase Ausführungsplanung	23
Abbildung 12	Prüfphase Inbetriebnahme / Betrieb	24
Abbildung 13	Prüfphase Inbetriebnahme / Betrieb	25
Abbildung 14	Beispiel der Auswahlmöglichkeiten für den Parameter Wärmeerzeuger-Typ aus „Solar-Computer“	29
Abbildung 15	Methodik der Parameteranalyse	30
Abbildung 16	Exportfunktion SOLAR-COMPUTER	43
Abbildung 17	Inhalt Export-Datei SOLAR-COMPUTER (Ausschnitt)	44
Abbildung 18	Komponenten der IQS-Methodik	45
Abbildung 19	Beispiel: Erläuterung eines Prüfpunkts zur Beleuchtung	46
Abbildung 20	Beispiel einer EnEV-Online-Checkliste zur Überprüfung der Beleuchtung	47
Abbildung 21	Kindertagesstätte Hannover; Betrieb	50
Abbildung 22	Familienzentrum Hannover; Planung - Fertigstellung	50
Abbildung 23	Gedenkstätte Hannover; Planung	50
Abbildung 24	Wohngebäude Hannover; Fertigstellung	51
Abbildung 25	IGS Mühlenberg Hannover; Fertigstellung	51
Abbildung 26	Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund; Betrieb	51
Abbildung 27	beispielhafte Dokumentation Parameter "Art der Wärmeerzeugung" in der Planungsphase (Ausschnitt Grundriss)	52
Abbildung 28	beispielhafte Dokumentation Parameter "Art der Wärmeerzeugung" in der Planungsphase - Alternative	53
Abbildung 29	beispielhafte Dokumentation Parameter "maximaler Volumenstrom Zuluft" in der Planungsphase	54
Abbildung 30	beispielhafte U-Wert-Berechnung mit beschriebenen Schichten	55



Abbildung 31	beispielhafte Dokumentation des Parameters Außenwand“	56
Abbildung 32	beispielhafte Dokumentation des Parameters "Leistung Wärmeerzeuger"	57
Abbildung 33	Auszug aus der Nutzungszone "Einzelbüro" nach DIN V 18599	58
Abbildung 34	beispielhafte Dokumentation des Parameters "Betriebszeiten Heizung"	58
Abbildung 35	beispielhafte Dokumentation des Parameters "Systemtemperaturen Heizung" im Betrieb	59
Abbildung 36	Darstellung der Ergebnisse für die Optimierung der Checklisten	64
Abbildung 37	Bewertungsmatrix und Optimierung Checkliste "Gebäudehülle / Baukörper"	65
Abbildung 38	Optimierung Checkliste "Heizung"	66
Abbildung 39	Optimierung Checkliste "Trinkwarmwasser"	68
Abbildung 40	Optimierung Checkliste "Lüftung"	69
Abbildung 41	Optimierung Checkliste "Beleuchtung"	70
Abbildung 42	Darstellung der Einsparungen und Kosten der Integralen Qualitätssicherung und Rol in Bezug auf die Größe der Bauvorhaben	72



V. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Übersicht der Prozessschritte:	22
Tabelle 2	Komplette Parameterliste nach erster Selektion:	27
Tabelle 3	Kennwerte des angenommenen EnEV-Referenzgebäudes	28
Tabelle 4	Berechnungsergebnisse – Referenzgebäude	31
Tabelle 5	Baukörper / Gebäudehülle – Einfluss der Parameter	31
Tabelle 6	Heizung, Erzeugung – Einfluss der Parameter	32
Tabelle 7	Parameterpriorisierung	34
Tabelle 8	Beispiel Luftdichtheit: Prüfprozeduren und Anwendungsvorgaben	35
Tabelle 9	Finale Liste der Prüfparameter	37
Tabelle 10	Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Baukörper / Gebäudehülle	38
Tabelle 11	Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Heizung	39
Tabelle 12	Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Trinkwarmwasser	39
Tabelle 13	Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Lüftung	40
Tabelle 14	Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Beleuchtung	41
Tabelle 15	Übersicht der notwendigen Begehungen und die jeweilig prüfbaren Parameter	49
Tabelle 16	Bewertungsrahmen des zeitlichen Aufwandes	61
Tabelle 17	Bewertungsrahmen des technischen Aufwandes	61
Tabelle 18	Bewertungsrahmen der nötigen Fachkompetenz des Prüfers	61
Tabelle 19	Bewertungsrahmen des prüfbaren Zeitraumes der Parameter	62
Tabelle 20	Bewertungsrahmen des energetischen Einflusses der Parameter	62
Tabelle 21	beispielhafte Darstellung der Bewertungskriterien der Beleuchtungsparameter in der Bewertungsmatrix	63
Tabelle 22	Übersicht der Kosten für die Qualitätssicherung	70
Tabelle 23	Übersicht der Baukosten [nach BKI 2013] und Anteil der Qualitätssicherung an den Baukosten	71
Tabelle 24	Übersicht der Einsparungen von Betriebskosten auf Grund der Qualitätssicherung	71



1 ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Einführung der Wärmeschutzverordnung und der späteren Energieeinsparverordnungen strebt die Bundesrepublik Deutschland eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs in Gebäuden an. Ein Kerngedanke hierzu ist die Betrachtung von Gebäuden als ganzheitliche Systeme, für die eine integrale Planung unter Berücksichtigung aller relevanten Gebäudeaspekte erforderlich ist.

Grundlage der integralen Bewertung von Gebäudekonzepten ist die DIN V 18599, die in Ihrem Umfang auch die technologische Komplexität von Gebäuden widerspiegelt. Diese Komplexität führt in der Praxis zu steigenden Anforderungen an die Arbeit aller Projektbeteiligten – vom Projektleiter auf Bauherrnseite über die Fachplaner bis zu den ausführenden Firmen und den Instandhaltern. In der Konsequenz steigt das Risiko von Qualitätsdefiziten bei der Planung, Errichtung und dem Betrieb von Gebäuden zu Lasten der Energieeffizienz. Angesichts der hohen klimapolitischen Herausforderungen bleiben wichtige und vergleichsweise einfach zu erschließende Potentiale ungenutzt, weil effektive und praktikable Werkzeuge zur Qualitätssicherung in der Breite fehlen.

In diesem Projekt wurde eine Methodik entwickelt, die diesen Defiziten durch eine Methode der Qualitätssicherung begegnet. Als Basis wurden Daten aus der Berechnung des Energiebedarfs nach DIN V 18599 als „Soll-Werte“ verwendet. Diesen rund 40 Attributen werden in Planung, Errichtung und Betrieb „Ist-Werte“ mit definierten Dokumentationsvorgaben gegenübergestellt. Auf diese Weise wird ein einfacher und kostengünstiger Qualitätsregelkreis für energetisch wichtige Gebäudemerkmale aufgebaut.

Im Projekt wurde die Methodik an mehreren Gebäuden verschiedener Typologien und mit unterschiedlichen Projektphasen erprobt und optimiert. Dabei wurde in Zusammenarbeit der Solar-Computer GmbH, Göttingen, eine Export-Schnittstelle aus der Berechnungssoftware definiert und umgesetzt und über den Webservice 'task manager' der synavision GmbH, Aachen, ein Online-Werkzeug für die Durchführung der Qualitätssicherung angewendet.

Als Ergebnis steht eine pragmatische und praxisnahe Methodik für die Qualitätssicherung auf Basis der DIN V 18599 mit nachvollziehbarer Transparenz zur Verfügung, die auf diverse Projektanforderungen skaliert werden kann. Aufgrund der klaren Prüf- und Dokumentationsvorgaben, die im Grundsatz auf Sichtprüfungen beruhen, ist dafür kein spezielles Expertenwissen notwendig. Die Kosten für die Anwendung des Werkzeuges haben sich über die Pilotgebäude als insgesamt gering erwiesen. Es liegt nun an den Bauherren, insbesondere der öffentlichen Hand, die Herausforderung der Qualitätssicherung anzunehmen und in der Praxis zu realisieren.

In der bisherigen Projektstruktur von Bauherr, Fachplaner und Errichter ist eine effektive Qualitätssicherung bisher nicht gegeben, obwohl die Umsetzung und Dokumentation von Qualitäten geschuldete Leistungen der Planer und Errichter sind. Insbesondere bei öffentlichen Gebäuden sollte daher die Einhaltung der geschuldeten Leistungen geprüft werden. Die Oberfinanzdirektionen sind angewiesen die zielgerichtete Verwendung von Steuermitteln nachzuweisen. Die Konformität von Planung und Ausführung ist daher ein elementarer Baustein. Öffentliche Auftraggeber sollten daher bereits bei der Vergabe der Planungsleistungen die Nachführung der Nachweise ausschreiben und berücksichtigen. Dazu gilt es mit dem unabhängigen Qualitätssicherer, eine zusätzliche Instanz zu etablieren. Genehmigungsbehörden und Fördermittelgeber verpflichten den Bauherren ihrerseits zur Dokumentation von Qualitäten. Mit Anwendung der Methodik bekommen sie durch die Komprimierung der Datenmengen die Möglichkeit, direkt in Qualitätssicherungsprozesse einzugreifen.



Die verstärkte Aufnahme von qualitätssichernden Leistungen in Förderprogrammen wie z.B. Verpflichtung zu einer strukturierten und transparenten Fotodokumentation kann die Umsetzung hoher energetischen Systemqualitäten von Gebäuden wirksam unterstützen. Es ist im Übrigen das Einfordern einer geschuldeten Leistung, die der Fördernehmer formal schon heute hat.

Voraussetzung für den Erfolg der Methodik ist die klare Definition der formalen und technischen Anforderungen sowie deren Prüf- und Dokumentationsprozesse. Ein hohes Maß an Praktikabilität und Effizienz begünstigt die Akzeptanz bei den Akteuren. Mit der Etablierung integraler Qualitätssicherungsprozesse in der Breite, ist eine energetische Effizienzverbesserung des deutschen Gebäudebestands zu erwarten, die einen wichtigen und besonders wirtschaftlichen Beitrag zu den klimapolitischen Zielen der Bundesrepublik leisten kann.

2 STAND DES WISSENS UND DER TECHNIK

Eine der treibenden Kräfte zur Optimierung von Gebäuden in den letzten 20 Jahren war die „Integrale Planung“. Sie hat hocheffiziente Gebäudekonzepte mit innovativen Produkten möglich gemacht, die heute für die Realisierung anspruchsvoller Klimaschutzziele zur Verfügung stehen.

2.1 Technische Komplexität und Qualitätsdefizite

Im Fokus der Aufmerksamkeit von Forschung, Gesetzgebung und Normenwesen standen in den letzten Jahrzehnten Technologien wie Wärmedämmung, Hocheffizienzpumpen oder LED-Beleuchtung sowie der Konzeptansatz einer „Integralen Planung“.

In der Praxis wächst mit der zunehmenden Komplexität (s. Abbildung 1) der Gebäudetechnik das Risiko, wesentliche Ziele zur Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, zum Nutzerkomfort sowie zu den Bau- und Betriebskosten über die Gebäudelebensdauer zu verfehlen. Um das Risiko zu minimieren sind gleichermaßen die Anforderungen an die Qualität in Planung, Errichtung und Betrieb zu steigern.

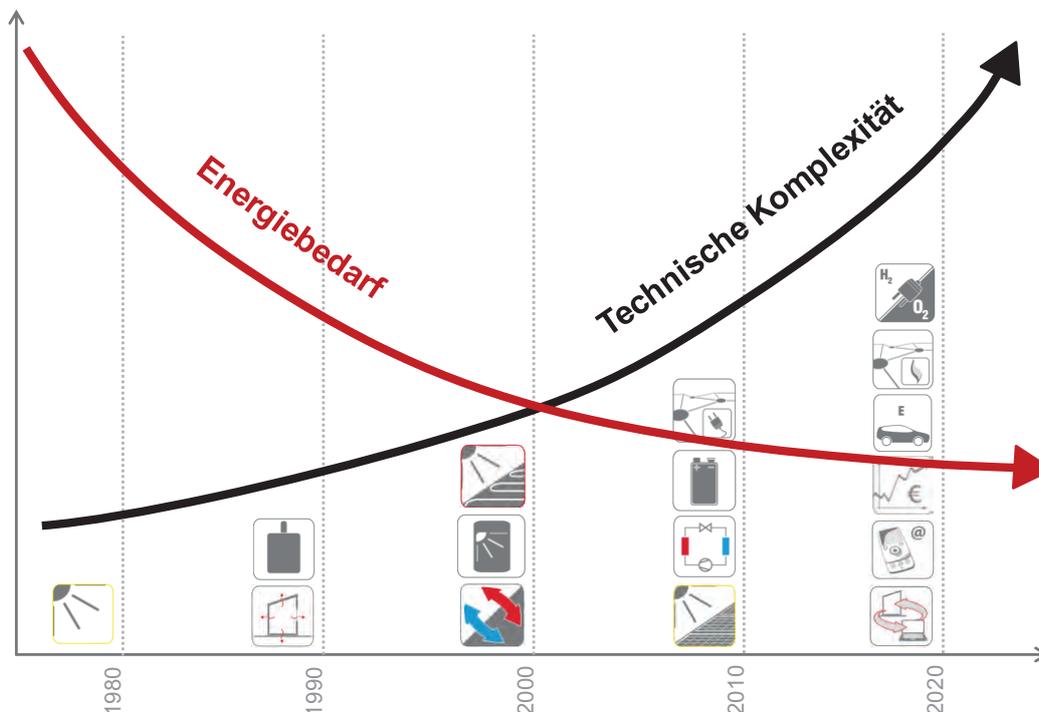


Abbildung 1 Reduzierung des Energiebedarfs - Steigerung der technischen Anforderungen

Die konzeptionellen und technischen Entwicklungen haben eine signifikante Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. des -bedarfs von Gebäuden ermöglicht. Gleichzeitig ist jedoch zu erkennen, dass es in der Praxis in zunehmendem Maße zu Qualitätsdefiziten in Bezug auf die Energieeffizienz kommt und Zielwerte der Planung in der Praxis oft nicht erreicht werden. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Diskrepanz von geplanten und gebauten Qualitäten am Beispiel von Wohngebäuden in Deutschland.

Dargestellt ist der mittlere Endenergieverbrauch von Wohngebäuden abhängig vom Baualter aus Studien der „Brunata-Metrona-Gruppe“¹ und der „Arbeitsgemeinschaft zeitgemäßes Bauen“². Verglichen werden die realen Verbrauchskennzahlen mit dem berechneten Endenergiebedarf, der sich aus einer Parameterstudie für ein beispielhaftes, repräsentatives Wohngebäude ergibt. Dazu werden in Abhängigkeit von der Baualtersklasse der zulässige Primärenergiebedarf der jeweils gültigen gesetzlichen Vorgabe der WSVO bzw. der EnEV und schließlich der zugehörige Endenergiebedarf errechnet.

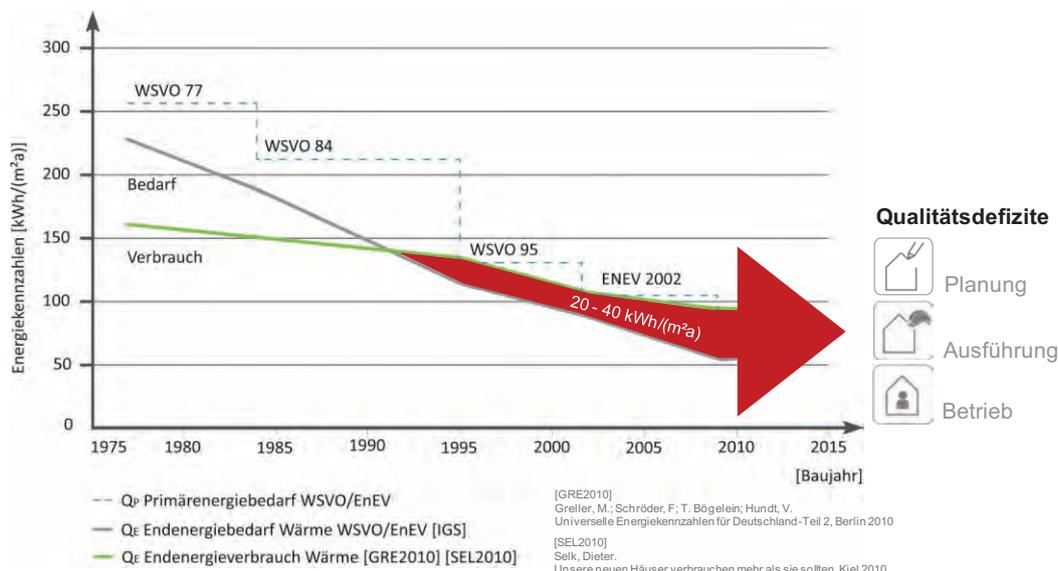


Abbildung 2 Wohngebäude in Deutschland - Entwicklung der Bedarfs- und Verbrauchskennzahlen

Die Abbildung 2 zeigt, dass der Verbrauch älterer Wohngebäude (Baujahr vor 1990) signifikant niedriger ist als der nach den gesetzlichen Berechnungsverfahren ermittelte Bedarf. Der wesentliche Grund für den geringeren Verbrauch älterer Gebäude liegt in der realen Nutzung. Beispielsweise werden Wohnungen üblicherweise mit geringeren Raumtemperaturen und kleineren Luftwechsel in der Heizperiode betrieben als es die Normung vorsieht.

Bei Neubauten ab Baujahr nach 1990 werden dagegen zunehmend höhere Verbrauchswerte beobachtet als sie sich aus der Bedarfsberechnung ergeben. Ein Teil des erhöhten Verbrauchs begründet sich durch bauphysikalische Mängel in der Bauausführung z.B. durch Wärmebrücken und Undichtigkeiten in der Gebäudehülle mit der Gefahr von entsprechenden Feuchteschäden.

Das Potential zur Reduzierung des Energieverbrauchs durch Betriebsoptimierung wird aufgrund von Forschungsprojekten und Fallstudien mit 5 bis 30 % angenommen. Mansson³ zeigte schon im IEA Annex 17 Energieeinsparpotenziale von 10-30% durch Betriebsoptimierung auf. Im Forschungsprojekt EVA⁴ weisen Fisch und Plesser 2007 mehr als 50 einzelne Fehlfunktionen in modernen Bürogebäuden in Deutschland nach. Die Forschungsprojekte ModBen⁵ und OASE⁶ zeigten ähnliche Potentiale bzw. Fehler. Eine Analyse von rund 150 einzelnen Betriebsfehlern in Demonstrationsgebäuden des Bundeswirtschaftsministeriums belegt, dass ein erheblicher Teil der Fehler vollständig oder zum Teil von der Gebäudeautomation verursacht wurden.

2.2 Ursachen für Qualitätsdefizite

Die Ursachen für die Qualitätsprobleme sind vielfältig und in allen Projektphasen, vom Konzept bis zum Betrieb, und bei allen Beteiligten, vom Architekten bis zum Facility Manager, zu finden.

Die dargestellten Probleme entstehen in der Regel nicht durch fehlende technische Potenziale, sondern sind häufig Qualitätsdefizite in allen Phasen von der Planung bis in den Betrieb. Diese werden durch ein strukturelles Prozessdefizit in Bezug auf Qualität ermöglicht und durch die zunehmende Komplexität von Gebäuden verstärkt. Wie in Abbildung 3 dargestellt, fehlt in der aktuellen Projektstruktur aus Bauherr, Fachplaner und Errichter ein unabhängiger Akteur, der die Aufgabe einer unabhängigen Qualitätssicherung übernehmen kann. Im Bereich der Standsicherheit von Gebäude ist dieser Prozess seit Jahren etabliert.

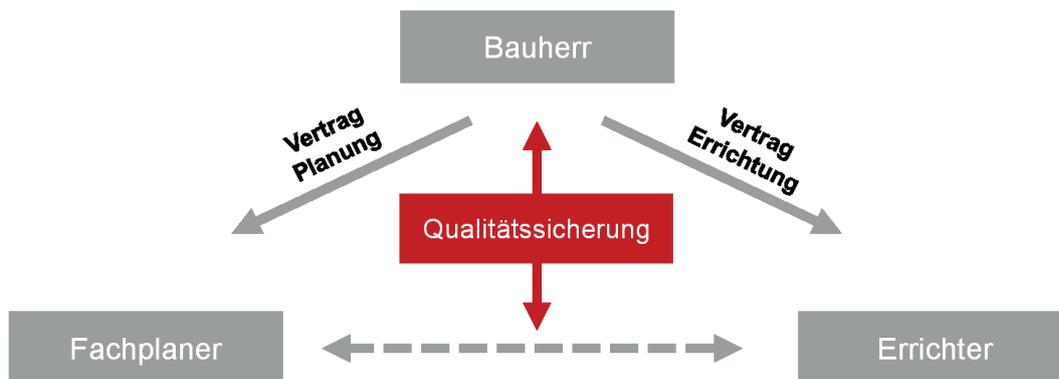


Abbildung 3 Qualitätssicherung - Schnittstelle im Planungs- und Bauprozess

Der Bauherr bindet sich für die Planung vertraglich über die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) an die Fachplaner und mit den technischen Vorschriften der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) an die Errichter. Obwohl die Phase 8 der HOAI: „Objektüberwachung“ ausdrücklich ein Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung festlegt, motiviert die vertragliche Situation der Fachplaner nicht zu einer effektiven Qualitätssicherung, da er operativer Teil der Ausführung ist. Er selbst unterliegt zudem keiner Qualitätssicherung. Diese fehlende Funktion einer prüfenden Schnittstelle führt in der Praxis oftmals dazu, dass integrale Konzepte nicht ganzheitlich umgesetzt werden und in der Praxis suboptimal funktionieren oder sogar scheitern. In Kapitel 2.1. sind dazu Beispiele aus Studien genannt.

Neben den Gebäudestandards der Ordnungsgeber beschränken sich auch die in jüngster Zeit entwickelten Zertifizierungssysteme weitgehend auf die Zielsetzungen der Planungsphase, da die Verleihung des Zertifikats vor dem Beginn des Gebäudebetriebs erfolgt. Um die Energieeffizienz in Gebäuden sicherzustellen, wurden viele Standards und Checklisten entwickelt. Sie reichen von den ambitionierten klimapolitischen Vorgaben der EU-Richtlinie zur „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), und der Energieeinsparverordnung (EnEV), über die Zertifizierungssysteme „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen“ (BNB) und „Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“ (DGNB) sowie dem US-amerikanischen „Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) bis zu Checklisten zur energetischen Inspektion einzelner Anlagenteile wie sie z.B. in der DIN 15239⁷ „Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen“ und der DIN SPEC 15240⁸ „Energetische Inspektion von Klimaanlage“ beschrieben werden.

Dabei ist die Betriebsphase im realen Nutzungsalltag entscheidend für den Erfolg eines Gebäudekonzepts, weil die geplanten Nachhaltigkeitsziele in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz und Nutzungskomfort jetzt erst auf dem Prüfstand stehen. Die zunehmend komplexeren Gebäude-Systeme bieten zwar das Potential, einen energetisch optimierten Betrieb zu realisieren, gleichzeitig erhöht sich die Gefahr von Mängeln bei der Installation, dem Betrieb und der Wartung der Anlagen, die i.d.R. aber nicht durch ein Funktionsdefizit auffallen. Vielmehr werden erst im Laufe des Betriebs Effizienzpotentiale verfehlt.

2.3 Die EnEV als Ausgangspunkt für energetische Qualität

Mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) werden die rechtlichen Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden festgelegt. Der EnEV-Nachweis ist als Bauunterlage in der Genehmigungsplanung zu erstellen und wird über das Berechnungsverfahren der DIN V 18599 definiert. Für die Erstellung eines Energiebedarfsausweises ist eine Vielzahl von präzisen und prüfbareren Angaben zum Gebäude notwendig. Die Daten zum Baukörper, Gebäudehülle und technischen Anlagen sind aber so umfangreich, dass eine flächendeckende Prüfung in der Praxis z.B. von Seiten der Genehmigungsbehörden kaum möglich ist. Dies gilt für das beantragte wie für das fertiggestellte Gebäude. Die folgende Abbildung beschreibt als erstes Szenario den bisherigen Vorgang bei der Einreichung eines EnEV-Nachweises:



Abbildung 4 Prüfung und Dokumentation des EnEV-Nachweises

Nach EnEV ist aber ausdrücklich eine Konformität von EnEV-Ausweis und errichtetem Gebäude gefordert. Da in der Praxis ein solcher Konformitätsnachweis auch aufgrund mangelnder Kontrolle von Seiten der Genehmigungsbehörden nicht sehr verbreitet ist, erscheint das Erreichen der Qualitätsziele in der Umsetzung deshalb als nicht gewährleistet.



Als weiteres Beispiel schreibt die EnEV seit 2007 aufgrund besonders hoher Einsparpotentiale regelmäßige energetische Inspektionen von raumluftechnischen Anlagen mit einer Kälteleistung von über 12 kW vor. Das Institut für Luft- und Kältetechnik in Dresden hat in einer Studie von 125 Klimaanlageanlagen Einsparpotenziale von rund 30% ermittelt. Nur ein sehr geringer Teil der Gebäudebetreiber (unter 2 % der Anlagen bis 10/2012) war seiner Inspektionspflicht nachgekommen⁹.

Auf Seiten des Verordnungsgebers ist mit der Novellierung der EnEV 2014 die Prüfung von geplanten und umgesetzten Qualitäten daher stärker in den Fokus gerückt. Ziel ist es, den Kontrollmechanismus zu verbessern. Erstmals sind nach § 26d Stichprobenkontrollen für Energieausweise und Inspektionsberichte von Klimaanlageanlagen vorgesehen. Nähere Informationen dazu sind in Kapitel 3.2.1. beschrieben.

3 PROJEKTZIEL UND LÖSUNGSANSATZ

In diesem Kapitel werden methodische und technische Lösungsansätze für die Umsetzung eines energetischen Qualitätsmanagements entwickelt. Der Kern dieser Methodik beruht auf dem Vergleich von Soll- und Ist-Werten.

3.1 Projektziel

Von der Bandbreite der Ansätze, die für eine Effizienzverbesserung im Bauwesen in Frage kommen, wird das energetische Qualitätsmanagement als ein robuster und wirtschaftlicher Weg angesehen. Ziel muss es sein, dass der Gebäudebestand und insbesondere als energieeffizient geplante Gebäude den energetischen Anforderungen im Betrieb mit hinreichender Genauigkeit entsprechen.

Lösungsansatz des Forschungsprojektes „Integrale Qualitätssicherung über den gesamten Gebäude-Lebenszyklus auf Basis der DIN V 18599“ ist es, eine effiziente Methodik zur Überwachung und Dokumentation von Gebäudequalitäten zu erarbeiten. Die wesentlichen Ziele liegen in der Sicherung der Qualitäten, Energieeffizienz, Nutzerkomfort, sowie Dauerhaftigkeit.

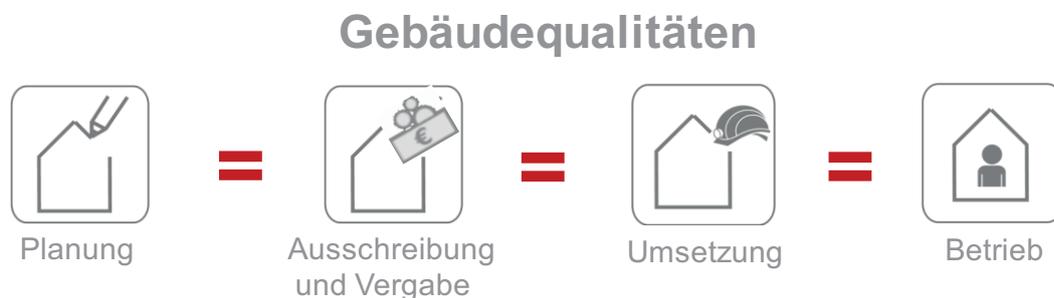


Abbildung 5 Sicherung der Qualitätsanforderungen von Planung bis zum Betrieb

Abbildung 5 beschreibt den grundsätzlichen Anspruch Qualitätsanforderungen, die in der Planung festgelegt und beauftragt worden sind, von der Errichtung bis zum Betrieb zu sichern. Für den Bauherrn geht es dabei auch um die Sicherstellung der geschuldeten Leistung der beauftragten Planer und Errichter.

Konventionelle Planungs- und Bauprozesse erzeugen entlang der Leistungsbilder einen Wechsel der Aufmerksamkeitsschwerpunkte für Qualität, Kosten und Termine. Während in der Konzept- und Planungsphase die gestalterischen, funktionalen und technischen Qualitäten im Vordergrund stehen, liegt der Schwerpunkt von der Ausführungsplanung bis zur Errichtung verstärkt bei den Kosten. Mit zunehmender Nähe zur Fertigstellung nimmt dann die Bedeutung der Terminzwänge zu, siehe Abbildung 6.

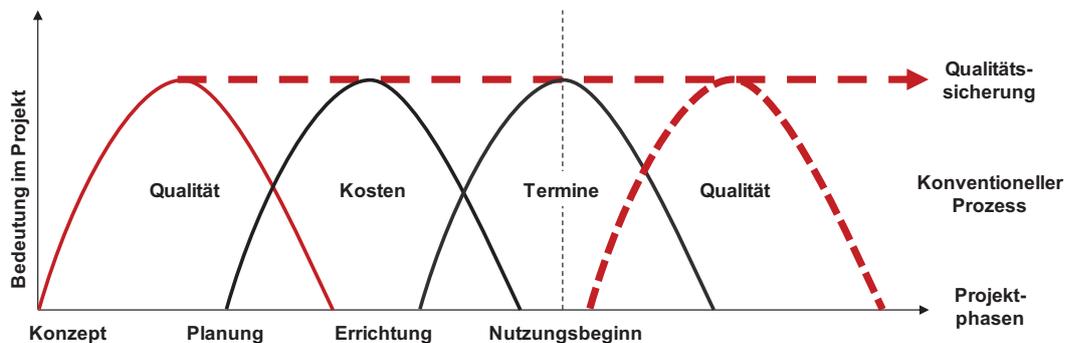


Abbildung 6 Verankerung der energetischen Qualitätssicherung im Planungs- und Bauprozess

Mit dem Ziel, die angestrebten Qualitäten im Betrieb sicherstellen zu können, sieht die hier entwickelte Methodik vor, Bauvorhaben von der Konzeptplanung bis in den Betrieb des Gebäudes durch eine energetische Qualitätssicherung zu begleiten. Dafür ist eine eigenständige Prüfinstanz notwendig, die ausschließlich Verantwortung für die Qualität trägt und ist im Planungs- und Bauprozess fest verankert. Die Abbildung zeigt eine Ergänzung der energetischen Qualitätssicherung mit Fertigstellung des Gebäudes.

3.2 Lösungsansatz

Die Lösung zur Entwicklung einer Methodik zur Qualitätssicherung erfolgt unter der Maßgabe der Einfachheit, Robustheit und Wirtschaftlichkeit, um möglichst wenig zusätzliche Belastung in Projekten zu verursachen. Deshalb wurden naheliegender Weise die ohnehin notwendigen und geforderten Nachweise im Planungsprozess, wie die Berechnung des Energiebedarfs auf Basis der DIN V 18599, als Basis der Qualitätssicherung verwendet.

3.2.1 EnEV und DIN V 18599 - Anforderungen an die Qualität

Die erste Energieeinsparverordnung (EnEV) wurde 2002 als Zusammenführung der Wärmeschutzverordnung (WSchV) und Heizungsanlagenverordnung (HeizAnIV) eingeführt. Während sich die WSchV auf eine Betrachtung mit der Gebäudehülle mit dem Bilanzergebnis Jahres-Heizwärmebedarfes und ohne Berücksichtigung der Anlagentechnik beschränkte, wird mit der EnEV ein integraler, ganzheitlicher, primärenergetischer Bewertungsansatz verfolgt.

Mit der EnEV 2007 wurde das Referenzgebäudeverfahren für Nichtwohngebäude eingeführt und in der DIN V 18599¹⁰ „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“ umgesetzt. In den Novellierungen der Jahre 2009 und 2014 sind im Wesentlichen die Anforderungen an den Primärenergiebedarf und die Gebäudehülle verschärft worden. Zu dem ist das Referenzgebäudeverfahren auch für Wohngebäude eingeführt worden.



Das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 ist im Jahr 2006 als eine Reaktion auf die EU-Richtlinie zur „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ veröffentlicht worden. Ziel war es, Wohngebäude und Nichtwohngebäude unter unterschiedlichen Randbedingungen energetisch bewerten zu können. Das entwickelte Bewertungssystem umfasst den Baukörper, den Standort, die Nutzung und die Anlagentechnik, wobei die auftretenden Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Auch Beleuchtung, Kühlung und die Nutzung erneuerbare Energieträger lassen sich abbilden.

Mit der EnEV und der DIN V 18599 schreibt der Verordnungsgeber die wichtigsten bau- und anlagentechnischen Anforderungen fest und verweist im Weiteren auf entsprechende Regeln der Technik in Form von DIN-Normen und VDI-Richtlinien.

Um den EnEV-Nachweis zu führen, werden in der frühen Phase der Genehmigungsplanung umfangreiche Qualitätsanforderungen zu Baukörper, Gebäudehülle und technischen Anlagen festgelegt. Diese Festlegung der Qualitäten ist ausdrücklich auch bindend für die weiteren Phasen, wie der Ausführungs- und Werkplanung, der Errichtung und dem Betrieb des Gebäudes. In folgenden Paragraphen werden nach EnEV 2014 Anforderungen an die Qualitäten bzw. an die Kontrolle der Qualitäten gestellt:

§ 4 Anforderungen an Nichtwohngebäude

§ 11 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität

In der Summe sind nach EnEV § 4 die Hauptanforderungen an den Primärenergiebedarf und an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten auch im Betrieb einzuhalten. Außenbauteile, Anlagen und Einrichtungen dürfen nach EnEV § 11 nicht in einer Weise verändert werden, dass die energetische Qualität des Gebäudes verschlechtert wird.

§ 16 Energieausweis für fertiggestellte Gebäude

Die Aufrechterhaltung aller EnEV-Qualitäten von der Planung bis zur Fertigstellung ist letztlich in Form eines nachgeführten Energieausweises zu dokumentieren. Die Ausstellung und Übergabe des Ausweises durch den verantwortlichen Fachplaner an den Bauherrn hat nach § 16 unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertig gestellten Gebäudes und unmittelbar nach Fertigstellung zu erfolgen.

§ 26a Unternehmererklärung für eingebaute Bau- oder Anlagenteile

Auch Errichter sind nach EnEV § 26 a durch die Fachunternehmererklärung zu einer schriftlichen Bestätigung der eingebauten Qualitäten verpflichtet.

§ 26d Stichprobenkontrollen Energieausweise / Klimaanlage

Mit der Novellierung der EnEV 2014 sind erstmals Stichprobenkontrollen für Energieausweise und Inspektionsberichte von Klimaanlage vorgesehen (§ 26d). Für die Prüfung der Energieausweise aus der Genehmigungsplanung ist folgende dreistufige Umsetzung geplant:

1. Validitätsprüfung der Gebäudedaten und der Ergebnisse
2. Prüfung der Gebäudedaten, der Ergebnisse und der Modernisierungsempfehlungen
3. Vollständige Prüfung der Gebäudedaten, der Ergebnisse, der Modernisierungsempfehlungen sowie ggf. Vor-Ort-Prüfung

Dass sich Qualitäten von der Phase der Genehmigungsplanung bis zur Umsetzung ändern ist dem üblichen Arbeitsprozess geschuldet. Die in diesem Fall verpflichtende Nachführung eines Energieausweises mit Berücksichtigung der verbauten Qualitäten ist in der Baupraxis aber längst kein Standard. Der richtige Lösungsansatz des Verordnungsgebers, Stichprobenkontrollen für Energieausweise einzuführen, muss sich in der Praxis beweisen. Fraglich ist, ob sich bei den Beteiligten eine breite Akzeptanz allein aufgrund einer Ankündigung von Stichprobenkontrollen im Promillebereich erreichen lässt.

Im Anhang unter 1.1. sind die vollen Auszüge aus der EnEV zusammengestellt.

3.2.2 Methodische Lösungsansätze

Für industrielle Produktionsprozesse außerhalb des Baugewerbes sind umfangreiche Konzepte zur Qualitätssicherung entwickelt worden. Ziel der Überwachung und Steuerung sind Prozesse, die fähig sind, die Qualitätsanforderungen zu erfüllen und beherrschbar sind, also sich nur innerhalb definierter Grenzen oder auf bekannte Art und Weise verhalten. Linß¹¹ bezeichnet diese Statistische Prozessregelung (SPC - Statistical Process Control) auch als Regelkreis analog zu „echter“ Regelungstechnik, die in sogenannten Qualitätsregelkarten nachgehalten werden.

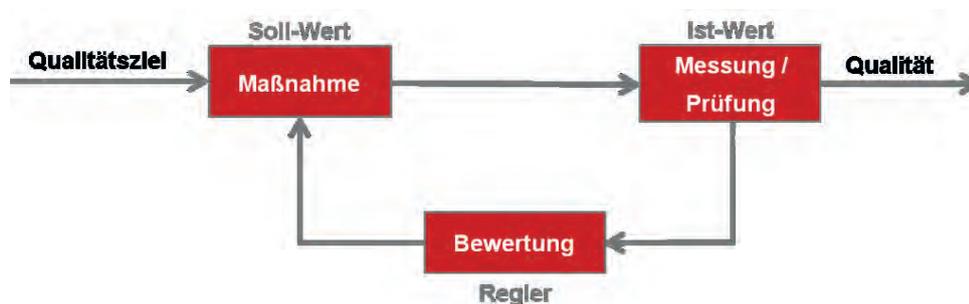


Abbildung 7: Struktur eines Qualitätsregelkreises nach Linß¹²

In der Baubranche werden diese Art des strukturierten Qualitätsmanagements und die Entwicklung effektiver Werkzeuge oft nur informell umgesetzt. Bei Mängeln auf der Baustelle ist sehr viel individueller zu reagieren, als dass bei der industriellen Serienproduktion mit hohen Stückzahlen und sehr engmaschigen Prüfmöglichkeiten gegeben ist. In der Baupraxis sind bisher Protokolle in Form von Texten und Fotos mit Handlungsanweisungen weit verbreitet. Der Nachteil reiner textlicher Erläuterungen liegt darin, dass der Nutzer nicht aktiv durch das Verfahren geleitet wird und damit aktuell zu erfüllende Prüfaufgaben oftmals einen unklaren Status haben bzw. erledigte Prüfungen nicht geeignet dokumentiert sind.

Checklisten in Tabellenform (z.B. Excel) beschreiben zwar einen Weg durch das Prüfverfahren und werden für die Qualitätssicherung bereits seit langem genutzt. Für den Einsatz von der Planung über die Baustelle bis zum langjährigen Betrieb eignen sie sich jedoch nur bedingt, da sie nicht fest eingebettet sind in eine regelmäßige und praktikable Anwendungsstruktur. Oftmals bleiben sie auf eine allgemeine Dokumentation bzw. Anleitung ohne wirksamen Kontrollmechanismus und strategische Analyse beschränkt.

Das Energierreferat der Stadt Frankfurt definiert mit der „Checkliste für die Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen“ technische Qualitäten, die von der Bedarfsermittlung bis zum zweijährigen Betrieb fortlaufend durch die internen und externen Fachingenieure zu prüfen sind.¹³ Die Leitlinien sind von jedem Neubau- und Sanierungsvorhaben der Stadt Frankfurt einzuhalten.

Das Expertensystem von Schmidt¹⁴ ist eine Handlungsanleitung in Form von aufeinander aufbauenden Checklisten, die aufgrund einer ausführlichen Beschreibung der technischen Betriebsprüfungen auch durch nicht-akademisches Personal durchführbar ist. Angestrebt werden niedrig investive Verbesserungsmaßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs im Gebäudebestand.

ProKlima Hannover schreibt für die Förderung von Passivhäusern die Einhaltung definierter Prüfkriterien vor. Stichprobenhaft wird z.B. geprüft, ob die aktuelle Ausführungsplanung mit der Bauausführung übereinstimmt. In der Umsetzung basiert das Konzept auf Checklisten, die zum Teil von Qualitätssicherern nach den Qualitätskriterien eigenständig entwickelt und üblicherweise in Word oder Excel umgesetzt werden.

Auch die Förderkonzepte der KfW-Förderbank sehen Prüfungen der gebauten Qualitäten durch einen unabhängigen Dritten vor. Der KfW-Sachverständige begleitet die Ausführung der geförderten energetischen Maßnahmen und prüft deren programmgemäße Durchführung. Es ist eine prüffähige Dokumentation der energetischen Fachplanung und der Baubegleitung zu erstellen, für die allerdings formal keine Vorgaben bestehen. Die Dokumentation übergibt der Sachverständige dem Bauherrn. Der KfW reicht im Regelfall eine schriftliche Bestätigung der verbauten Qualitäten. Erst im Rahmen einer Stichprobenkontrolle wird die Dokumentation zur Prüfung herangezogen.

3.2.3 Technische Lösungsansätze

Wie beschrieben bestehen nach der EnEV von Seiten der Fachplaner und Errichter mit Fertigstellung eines Gebäudes diverse Pflichten zur Bestätigung der im EnEV-Ausweis festgelegten Qualitäten (z.B. Energieausweis, Fachunternehmererklärung...). Es ergibt sich die Notwendigkeit für ein integrales und phasenübergreifendes Qualitätsmanagement, das den beteiligten Planern und Errichtern bei der rechtlich weitgehenden Dokumentationsverpflichtung Unterstützung bietet.

Projektziel ist es, eine Methodik mit einer effektiven Prüf- und Dokumentationsstruktur zu entwickeln. Der besondere Lösungsansatz des Forschungsprojektes liegt darin, die umfangreichen Daten aus dem Energieausweis als Grundlage für die Sicherung der hier definierten Qualitäten in Planung, Errichtung und Betrieb nutzbar zu machen. Da der Energiebedarfsausweis in jedem genehmigungspflichtigen Bauvorhaben im Neubau oder für eine Modernisierung erstellt wird, sind die Daten technisch leicht nutzbar.

Wie in Abbildung 8 schematisch dargestellt, werden dafür die Qualitätsvorgaben direkt aus der EnEV-Berechnung übernommen und in einem nachfolgenden Qualitätssicherungsprozess in den Phasen der Ausführungsplanung, der Fertigstellung und des Betriebes eingebunden. Zentrales Element des Qualitätsmanagements soll eine Checkliste zur Prüfung und Dokumentation sein.



Abbildung 8 Zusammenwirken der Komponenten EnEV-Nachweis, Checkliste und Prüfung Umsetzung

Die Umsetzung dieser Checklisten als Software-Werkzeug ermöglicht eine Dokumentation der geplanten und gebauten EnEV-Qualitäten aus dem Bereich der Gebäudehülle und -technik.

4 ENTWICKLUNG DER METHODIK

In diesem Abschnitt wird zunächst das allgemeine Prozesskonzept definiert. Schrittweise wird die Entwicklung der Liste mit den zur Prüfung relevanten EnEV-Parametern erläutert. Schwerpunkt dabei ist eine Sensitivitätsanalyse, die den Einfluss der verschiedenen Qualitätsangaben auf den Energiebedarf analysiert. Abschließend werden detaillierte Vorgaben zum Bezug der Prüfung, zum Prüfvorgang und zur Dokumentation gegeben.

4.1 Definition des Prozesskonzepts

In der EnEV wird ausdrücklich eine Konformität von EnEV-Ausweis und errichtetem Gebäude gefordert. Die in diesem Projekt entwickelte Methodik stützt sich darauf und setzt eine strukturierte Konformitätsprüfung der geplanten und umgesetzten Qualitäten um. Das methodische Prinzip beruht grundlegend auf dem Aufbau eines Qualitätsregelkreises, angewandt auf das Bauwesen mit seinen individuellen Anforderungen.

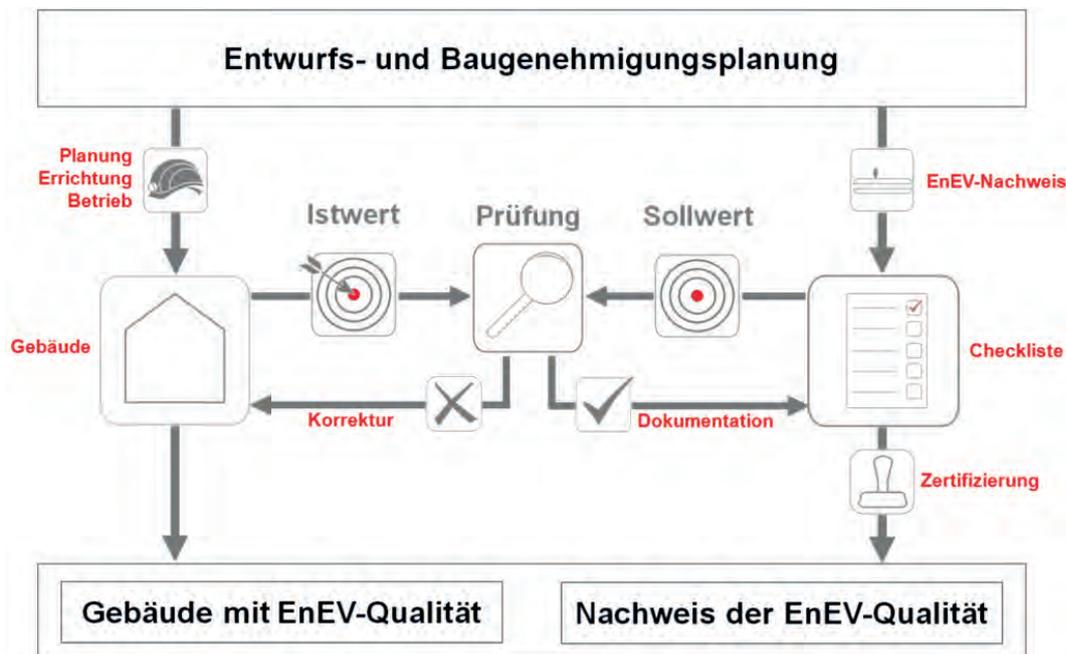


Abbildung 9 Prozessablauf der IQS-Methodik

Abbildung 9 veranschaulicht das Zusammenwirken der verschiedenen Prozesse von den Vorgaben der Entwurf- und Baugenehmigungsplanung bis zum Gebäude in EnEV-Qualität. In einem progressiven Regelkreis sind Prüfungen und Korrekturen durch den Vergleich von Soll- und Istwert durchzuführen.

Die nachfolgende Tabelle gibt dazu einen Überblick über die einzelnen Schritte im Prozessablauf:

Tabelle 1 Übersicht der Prozessschritte:

Schritt 1	<p>EnEV-Nachweis und Datenexport</p> <p>Mit Baugenehmigungsplanung wird der EnEV-Nachweis eingereicht. Die Methodik sieht einen automatisierten Datenexport definierter energetisch relevanter und prüfbarer Qualitätsparameter aus der EnEV-Berechnung vor.</p>
Schritt 2	<p>Erstellung der Checklisten und Sollwerte</p> <p>Durch den Datenexport sind die Parameter mit ihren Qualitätsangaben in gleicher Reihenfolge wie in der EnEV-Checkliste gelistet. Mit Übertragung der Werte in die Checkliste stehen die geplanten qualitativen Vorgaben als Sollwerte für den weiteren Prüfprozess zur Verfügung.</p>
Schritt 3	<p>Qualitätsprüfung und Istwerte</p> <p>Im nächsten Schritt erfolgt die Qualitätsprüfung. Die Istwerte werden in einem einheitlichen Prüfverfahren je nach Projektstand in der Ausführungsplanung, der Errichtung und des Betriebes ermittelt und dokumentiert.</p>
Schritt 4a	<p>Vergleich Soll- und Istwerte (Bewertung positiv)</p> <p>Die Sollwerte auf Basis des EnEV-Nachweises werden den aktuellen Istwerten aus der Ausführungsplanung, der Errichtung bzw. des Betriebes gegenübergestellt und bewertet. Hält der Istwert die Vorgabe des Sollwertes ein, erfolgt eine Dokumentation in der Checkliste</p>
Schritt 4b	<p>Vergleich Soll- und Istwerte (Bewertung negativ)</p> <p>Hält der Istwert die Qualität des Sollwertes nicht ein, ist eine Korrektur notwendig. Je nach Projektphase erfolgt die Korrektur in der Ausführungsplanung, im Zuge der Errichtung oder im fertiggestellten Gebäude. Das Durchlaufen der Prüfschleife mit Ermittlung des korrigierten Istwertes ist solange notwendig, bis die festgelegte bzw. im Planungsprozess verbesserte EnEV-Qualität des Sollwertes erreicht ist.</p>
Schritt 5	<p>Gesamtdokumentation Checkliste</p> <p>Sämtliche Prüfvorgänge werden in der Checkliste mit Angabe der Zeiten und Bearbeiter dokumentiert. Zudem steht eine Dokumentation der Qualitätsnachweise für die Istwerte in Form von Fotos der Einbausituation, Typenschildern, Lieferscheine, Zertifikate, Protokolle oder Pläne zur Verfügung.</p>
Schritt 6	<p>Zertifizierung der EnEV-Konformität</p> <p>Wird der Nachweis der EnEV-Qualität für alle Prüfparameter im gebauten Zustand erbracht, kann der Energieausweis für das fertiggestellte Gebäude nach EnEV § 16 ausgestellt werden.</p>

Im Weiteren werden die Einzelschritte des Prüf- und Dokumentationsprozesses im Detail beschreiben:

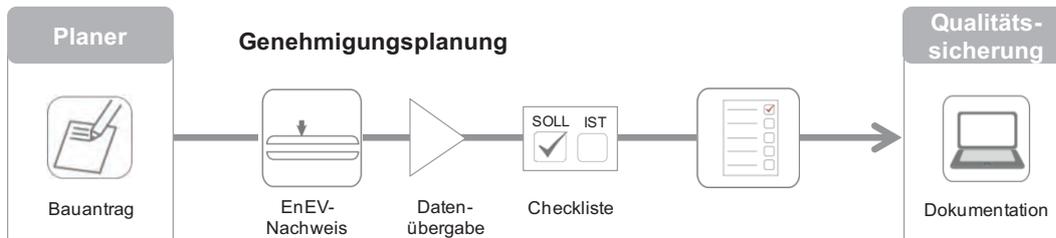


Abbildung 10 Prüfphase Genehmigungsplanung

Schritt 1: EnEV-Nachweis und Datenexport, Erstellung der Checklisten

Schritt 2: Erstellung der Checklisten und Sollwerte

Mit dem Einreichen eines Bauantrages hat der vom Bauherrn beauftragte Architekt oder Fachplaner den EnEV-Ausweis zu erstellen und der genehmigenden Behörde vorzulegen. Aus der EnEV-Berechnung auf Basis der DIN V 18599 stehen eine Vielzahl von Daten zu Baukörper, Gebäudehülle und den technischen Anlagen zur Verfügung. Diese bilden die Grundlage der Qualitätssicherung. Um sie für den Prozess nutzbar machen zu können, exportiert eine Datenschnittstelle eine festgelegte Liste von EnEV-Attributen inkl. der in der Planung festgelegten Werte. Im Vorhinein sind dafür aus dem EnEV-Verfahren die energetisch relevanten und praktikabel prüfbar Parameter auszuwählen.

Aus der Parameterliste werden die EnEV-Qualitätsangaben in die Checkliste übertragen. Sie stehen als Sollwerte in der kompakten Dokumentation für die weiteren Prüfprozesse bereit. Erste Plausibilitätsprüfungen z.B. seitens der Genehmigungsbehörde wären an dieser Stelle denkbar.

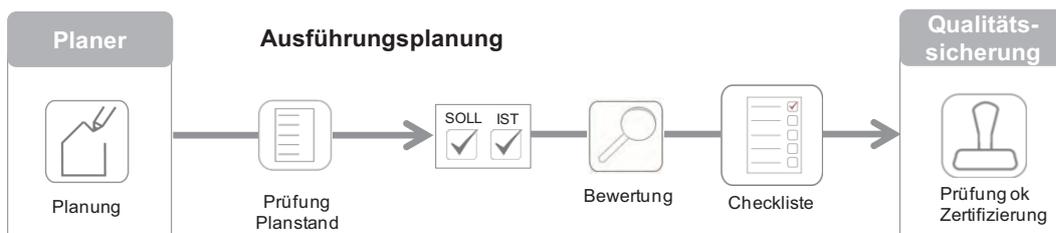


Abbildung 11 Prüfphase Ausführungsplanung

Schritt 3: Qualitätsprüfung und Istwerte

Schritt 4a: Vergleich Soll- und Istwerte

Schritt 5: Gesamtdokumentation Checkliste

Schritt 6: Bestätigung der EnEV-Konformität

Um Qualitätsdefizite schon im Planungsstadium zu vermeiden, wird die Konformität der Istwerte mit den Sollwerten in der Ausführungsplanung abgeglichen. Dafür sind vorweg entsprechende Prüf- bzw. Dokumentationsabläufe für die hinsichtlich des Energiebedarfs wichtigsten Parameter eines Gebäudes zu erarbeiten und in den Prozess zu integrieren. Die Qualitätsprüfung erfolgt durch Ermittlung der Istwerte aus den aktuellen Planungsunterlagen. Der Prüfung schließt sich ein Vergleich von Sollwert und Istwert mit einer Bewertung an, ob die geforderte Qualität eingehalten worden ist. Ist dies der Fall, erfolgt eine Dokumentation in der Checkliste, dass die geprüften Parameter/ Qualitäten berechnungskonform mit der EnEV sind. Als nachvollziehbarer Beleg stehen allen Planungsbeteiligten die entsprechenden Nachweisdokumente zur Verfügung. Wird eine Abweichung identifiziert, kann auf diese entweder mit einer Korrektur der Planung oder auch mit einer entsprechenden Änderung der Berechnung nach DIN V 18599 reagiert werden. Da die EnEV-Berechnung auf Grundlage der DIN V 18599 in einem frühen Planungsstadium zur energetischen Bewertung erstellt wird, können die Angaben zu den technischen Anlagen nicht als Auslegung gelten. Entsprechend sind Abweichungen des ursprünglichen EnEV-Sollwertes im späteren Planungsprozess möglich und notwendig, wenn es die technisch und wirtschaftlich bessere Lösung darstellt. Diese Änderungen sind mit der IQS Methodik und im nachgeführten Ausweis zu dokumentieren. Die EnEV-Berechnung ist entsprechend neu zu berechnen. Von Seiten des Verordnungsgebers sind solche Änderungen zulässig, wenn der EnEV-Ausweis mit den umgesetzten Qualitäten in gleicher Weise die Anforderungen erfüllt. Um zu vermeiden, dass im gebauten Zustand Korrekturen mit hohem finanziellen und technischen Aufwand notwendig werden, weil durch Änderungen die EnEV-Anforderungen am Ende nicht erfüllt werden können, sind regelmäßige planungs- und baubegleitende Qualitätsprüfungen notwendig.

Im weiteren Planungsprozess fließen die geprüften Parameter in die Werkplanung und in die Leistungsverzeichnisse ein. Das Verfahren bietet den Bauherren eine erhöhte Planungssicherheit, da der Planungsstand nachvollziehbar geprüft, dokumentiert und bewertet wird.

Abbildung 12 beschreibt die Phase während bzw. nach Errichtung des Gebäudes und gleicht im Prinzip dem Prüfprozess in der Phase der Ausführungsplanung. Der Qualitätssicherer ermittelt (ggf. mit Unterstützung der Bauleitung) die Ist-Werte in zeitlicher Abhängigkeit des Baufortschrittes auf der Baustelle. Die Prüfung beruht in erster Linie auf der Sichtprüfung in der Einbausituation, dokumentiert durch entsprechende Fotos.

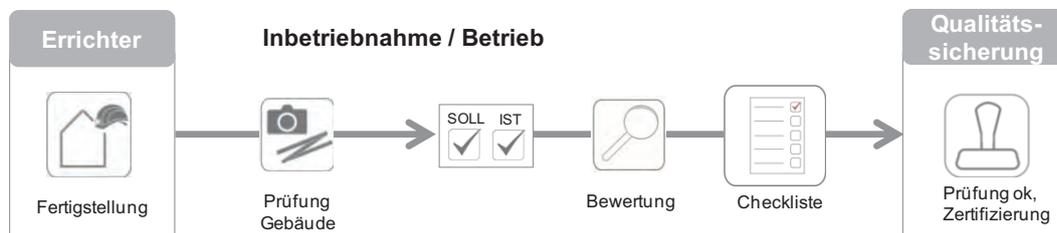


Abbildung 12 Prüfphase Inbetriebnahme / Betrieb
Schritt 3: Qualitätsprüfung und Istwerte
Schritt 4a: Vergleich Soll- und Istwerte
Schritt 5: Gesamtdokumentation Checkliste
Schritt 6: Zertifizierung der EnEV-Konformität

Hält der Istwert das Qualitätsniveau des Sollwertes ein, ist die Prüfung erfolgreich und es erfolgt die Dokumentation in der Checkliste. Sind alle Sollwerte EnEV-konform, kann das Gebäude entsprechend zertifiziert werden. Der Nachweis für das fertiggestellte Gebäude nach EnEV § 16 kann z.B. ausgestellt werden.

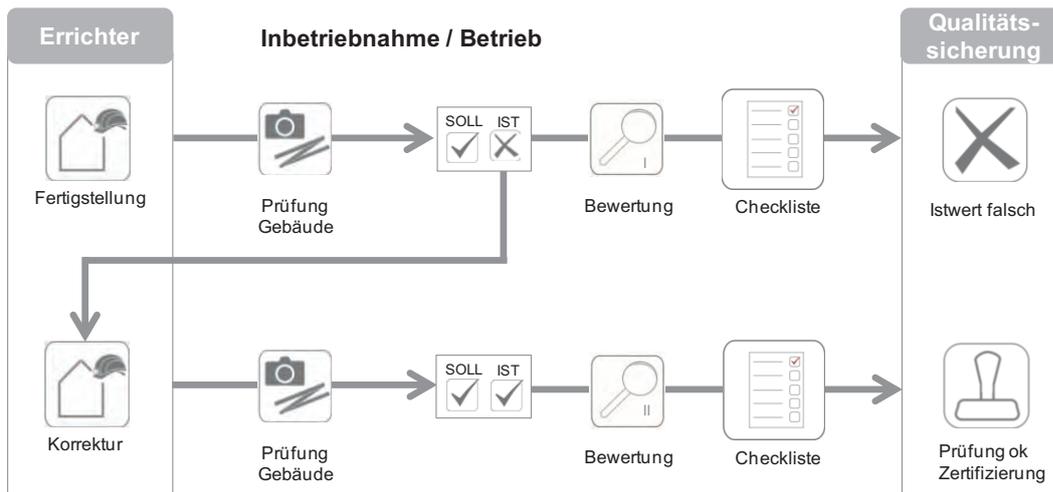


Abbildung 13 Prüffase Inbetriebnahme / Betrieb
Schritt 3: Qualitätsprüfung und Istwerte
Schritt 4b: Vergleich Soll- und Istwerte
Schritt 5: Gesamtdokumentation Checkliste
Schritt 6: Zertifizierung der EnEV-Konformität

Abbildung 13 erläutert den Vorgang, wenn eine Qualität nicht eingehalten wird am Beispiel der Prüffase Inbetriebnahme bzw. Betrieb. Auf die Darstellung der Prüffase in der Ausführungsplanung wird an dieser Stelle verzichtet.

Hält der Istwert das Qualitätsniveau des Sollwertes nicht ein, hat der Qualitätssicherer dies in der Checkliste zu dokumentieren. Ein Nachweis des Qualitätsdefizits z.B. in Form einer Fotodokumentation ist zu erbringen. In der Folge werden die Errichter ggf. auch die Planer angewiesen, den verfehlten Anforderungswert in diesem Fall auf der Baustelle zu korrigieren. Nach Korrektur und ggf. nach Neuberechnung des EnEV-Nachweises mit den geänderten Parametern erfolgt eine erneute Prüfung des Istwertes. Die Korrektur ist entsprechend zu dokumentieren. Alternativ kann auch die Berechnung neu durchgeführt werden.

Ist die Prüfung nun erfolgreich, erfolgt die Dokumentation der Korrektur in der Checkliste und die abschließende Zertifizierung der EnEV-Konformität.

Um die Anzahl der notwendigen Vor-Ort-Prüfungen für den Qualitätssicherer zu reduzieren, sollte eine verpflichtende Fotodokumentation als geschuldete Leistung zum Nachweis des Errichters in Betracht gezogen werden. Da es sich zum großen Teil um Dokumentationen handelt, die alle planungs- und baubegleitende Akteure zur eigenen Absicherung ihrer Arbeiten durchführen wird hier kein unzumutbarer Mehraufwand gesehen. Das Zusammentragen aller zum Nachweis notwendigen Dokumente in die Checklisten mit projektinternem Zugriff sehen wir in Bezug auf mögliche datenschutzrechtliche Bedenken unkritisch, da es sich um für Projektbeteiligte zugängliche Daten handelt.



4.2 Erste Selektion heuristisch nach Bedeutung (Sensitivität) und Prüfbarkeit

Im nächsten Schritt werden aus sämtlichen Einzelindikatoren, die für die Erstellung eines Energiebedarfsausweises notwendig sind, die Parameter ausgewählt, die von Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäudes sind.

Kriterien für die Auswahl sind:

- ein maßgeblicher Einfluss des entsprechenden Gebäudeattributs auf die Energieeffizienz des Gebäudes
- eine mit angemessenem Aufwand durchführbare Prüfung sowie
- die Möglichkeit der nachvollziehbaren und ebenfalls mit angemessenem Aufwand durchführbaren Dokumentation.

Ergebnis dieser ersten vorläufigen Auswahl war eine Liste mit 77 Prüfparametern. Zu diesem Zeitpunkt wurde bereits auf Parameter verzichtet, die sich in der Praxis offensichtlich schwer prüfen lassen. Dazu gehören unter anderem alle Energiebedarfswerte, da sich berechnete Bedarfswerte kaum aussagekräftig mit den Verbrauchskennzahlen in der Praxis vergleichen lassen. Auch sind mit der üblicherweise verwendeten Messtechnik keine Aussagen zur Nutzenergie, Heizwärme oder zum Strombedarf einzelner Einzelverbraucher zu treffen.

Da die Parameter im Rahmen des Projekts Grundlage für den Datenexport aus dem Programm Solar-Computer B54¹ sind, erfolgte mit Blick auf mögliche Prüfdurchläufe sowie Anwendungsvorgaben eine Abstimmung mit der Solar-Computer-GmbH. Der Eingabereihenfolge der EnEV-Software entsprechend, werden die Parameter thematisch wie folgt gruppiert:

1. Baukörper/ Gebäudehülle (sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz)
2. Heizung
3. Trinkwarmwasser
4. Lüftung
5. Beleuchtung

Die Bereiche Heizung, Trinkwarmwasser und Lüftung wurden jeweils in Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe untergliedert. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die komplette Parameterliste zum frühen Zeitpunkt des Projektes.

¹ Solar-Computer B54 ist der Teil eines modularen Baukastenprinzips aus dem Solar-Computer-Softwarepaket, mit dem EnEV-Nachweise für Nichtwohngebäude berechnet werden.

Tabelle 2 Komplette Parameterliste nach erster Selektion:

1. Baukörper/Gebäudehülle			39	3.9	Solarthermie - Neigung der Kollektorfläche
lfd. Nr.	Nr.	Kennwert			
			40	3.10	Solarthermie - Ausrichtung der Kollektorfläche
1	1.1	Gebäudenutzfläche A_n	41	3.11	Wärmepumpe - Wärmequelle
2	1.2	Luftdichtheit n_{50} -Wert			TWW - Speicherung
3	1.3	Bauteilfläche	42	3.12	Speichertyp
4	1.4	Bauteildaten	43	3.13	Speicherspezifikation
5	1.5	Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert	44	3.14	Aufstellungsort
6	1.6	Gesamtennergiedurchlassgrad Verglasung g-Wert	45	3.15	Speichervolumen
7	1.7	Sonnen- und Blendschutz			TWW - Verteilung
			46	3.16	Gesamtleitungslänge der Verteilung
2. Heizung			47	3.17	Dämmstandard Verteilung
lfd. Nr.	Nr.	Kennwert			
			48	3.18	Ort der Verlegung
		Heizung - Erzeugung	49	3.19	Zirkulationspumpe vorhanden
8	2.1	Art der Wärmeerzeugung	50	3.20	Regelung der Zirkulations- bzw Umwälzpumpe
9	2.2	Auslegungsgrößen Wärmeleistung Wärmeerzeuger gesamt	51	3.21	Elektr. Leistung der Zirkulations- bzw Umwälzpumpe
10	2.3	Betriebsart (nur bei mehreren Wärmeerzeugern) □			TWW - Übergabe
11	2.4	Aufstellungsort	52	3.22	Obere Temperaturgrenze
		Heizung - Erzeugung - Sonderparameter	53	3.23	Anteil der versorgten Bereiche
12	2.5	Solarthermie - Kollektorart			
13	2.6	Solarthermie - Neigung der Kollektorfläche	4. Lüftung		
14	2.7	Solarthermie - Ausrichtung der Kollektorfläche	lfd. Nr.	Kennwert	
15	2.8	Wärmepumpe - Wärmequelle			Lüftung - Erzeugung
			54	4.1	Art der mechanischen Lüftung
		Heizung - Speicherung	55	4.2	Art der Anlage
16	2.9	Speichertyp	56	4.3	Wärmerückgewinnung vorhanden
17	2.10	Speicherspezifikation	57	4.4	Typ der Wärmerückgewinnung
18	2.11	Aufstellungsort	58	4.5	Wärmerückgewinnungssystem
		Heizung - Verteilung	59	4.6	Wärmerückgewinnungsgröße (Rückwärmzahl)
19	2.12	Systemtemperaturen Verteilung	60	4.7	Heizregister vorhanden
20	2.13	Gesamtleitungslänge der Verteilung	61	4.8	Systemtemperaturen Heizregister
21	2.14	Dämmstandard Verteilung	62	4.9	Kühlregister vorhanden
22	2.15	Ort der Verlegung	63	4.10	Befeuchter vorhanden
23	2.16	Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz	64	4.11	Art des Befeuchters
24	2.17	Betriebsart der Umwälzpumpe	65	4.12	Typ des Befeuchters
25	2.18	Elektr. Leistung der Umwälzpumpe	66	4.13	Zuluftventilator - Spez. Ventilatorleistung PSFP
26	2.19	Regelung der Umwälzpumpe	67	4.14	Zuluftkanalnetz - Max. Volumenstrom
		Heizung - Übergabe	68	4.15	Abluftventilator - Spez. Ventilatorleistung PSFP
27	2.21	Übergabesystem 1	69	4.16	Abluftkanalnetz - Max. Volumenstrom
28	2.22	Anteil der versorgten Bereiche Übergabesystem 1			Lüftung - Verteilung
29	2.23	Übergabesystem 2	70	4.17	Lage der Verteilung
30	2.24	Anteil der versorgten Bereiche Übergabesystem 2			Lüftung - Übergabe
31	2.25	Raumtemperaturregelung	71	4.18	Lüftungssystem - Luftführung
3. Trinkwarmwasser			72	4.19	Anteil der versorgten Bereiche
lfd. Nr.	Nr.	Kennwert			
		TWW - Erzeugung	5. Beleuchtung		
32	3.1	Systemart	lfd. Nr.	Kennwert	
33	3.2	Art der Wärmeerzeugung Wärmeerzeuger 1			Beleuchtung - Erzeugung
34	3.4	Auslegungsgrößen Wärmeleistung Wärmeerzeuger gesamt	73	5.1	Beleuchtungsart
35	3.5	Betriebsart (nur bei mehreren Wärmeerzeugern)	74	5.2	Lampentyp
36	3.6	Aufstellungsort	75	5.3	Vorschaltgerät
		TWW - Erzeugung - Sonderparameter	76	5.4	Beleuchtungskontrolle, präsenzabhängig
37	3.7	Nachheizung	77	5.5	Beleuchtungskontrolle, tageslichtabhängig
38	3.8	Solarthermie - Kollektorart			

Für eine Erhöhung der Praktikabilität ist es notwendig, die Liste in einem weiteren Schritt von 77 Parametern auf die Punkte zu reduzieren, die aufgrund ihres Einflusses die höchste Relevanz für die energetische Qualitätssicherung besitzen.

4.3 Detaillierte Sensitivitätsanalyse

Wichtigster Ansatz für die Gesamtmethodik ist es, die technischen Daten aus der EnEV-Berechnung, die im ersten Schritt ausgewählt worden sind, im Hinblick auf die Bedeutung für die Qualitätssicherung zu prüfen.

Über eine Sensitivitätsanalyse wurde der Einfluss der verschiedenen bauphysikalischen und anlagentechnischen Qualitätsangaben auf den Energiebedarf analysiert. Dazu wurden in der Berechnung für ein Referenzgebäude die Einzelparameter variiert und die jeweilig resultierenden Energiebedarfswerte berechnet. Durchgeführt wurden die Berechnungen mit der Software „Solar-Computer“. Ziel war es, die in der EnEV-Software anzugebenden Parameter nach ihrem Einfluss auf den Energiebedarf zu analysieren und eine Prioritätenliste ihrer Auswirkungen zu erstellen. Als Ergebnis standen die Qualitätsangaben aus dem Energiebedarfsausweis zur Verfügung, die signifikanten Einfluss auf den Energiebedarf haben und somit von besonderem Interesse für eine Qualitätssicherung sind.

Die folgende Analyse beruht auf einer Studienarbeit¹⁵, die im Rahmen des Forschungsprojekts am IGS erstellt worden ist.

4.3.1 Referenzgebäude nach DIN V 18599

Für die Berechnungen wurde ein Gebäudemodell nach dem Referenzstandard der EnEV erstellt. Abgebildet wurde das Gebäude mit dem EnEV-Programm „SolarComputer“ als Ein-Zonen-Modell. Es handelt sich um ein zweistöckiges Bürogebäude mit Gruppenbüro-nutzung. Tabelle 3 zeigt einen kleinen Auszug aus den Randparametern des Referenzgebäudes:

Tabelle 3 Kennwerte des angenommenen EnEV-Referenzgebäudes

Gebäudekennwerte	Referenz-ausführung / Wert	Wärmedurchgangskoeffizient	Referenz-ausführung / Wert
Mittlere Gebäudelänge/-breite	36 m / 16 m	Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) [W/m ² K]	
Mittlere Geschosshöhe	3,80 m	Fenster	1,30 W/(m ² K)
Anzahl Geschosse	2	Außentür	1,80 W/(m ² K)
Netto-Grundfläche	970 m ²	Außenwand gegen Außenluft	0,28 W/(m ² K)
Brutto-Grundfläche	1.150 m ²	Außenwand, Fußboden gegen Erdreich	0,35 W/(m ² K)
Netto-Rauminhalt	3.350 m ³	Dach	0,20 W/(m ² K)
Brutto-Rauminhalt	4.380 m ³	Innendecke, Fußboden, Innenwand	1,00 W/(m ² K)
Gesamte Hüllfläche	1.940 m ²		

Als Berechnungsrandbedingung werden die Klimadaten „Referenzklima Deutschland“ des Ortes Würzburg (EnEV 2009) genutzt. Für die Nutzung der Gruppenbüros werden für das Referenzmodell die Angaben der DIN V 18599 übernommen.¹¹

¹¹ DIN V 18599 -10:2011-12, Tabelle A.2 – Nutzung Gruppenbüro und Tabelle 7 - Richtwerte des Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser für Nichtwohngebäude

4.3.2 Methodik

Über die Sensitivitätsanalyse ist der Einfluss verschiedener bauphysikalischer und anlagentechnischer Parameter auf den Energiebedarf zu ermitteln. Als Basisvariante jeder Parameterberechnung wurde die Ausführung nach dem EnEV-Referenzgebäude gewählt. Im Regelfall wurden die Auswahlmöglichkeiten der einzelnen Indikatoren, die im EnEV-Berechnungsprogramm vorgegeben sind, variiert. Abbildung 14 zeigt beispielhaft die Auswahlmöglichkeiten für den Parameter „Wärmeerzeuger-Typ“, die nach EnEV zur Verfügung stehen.

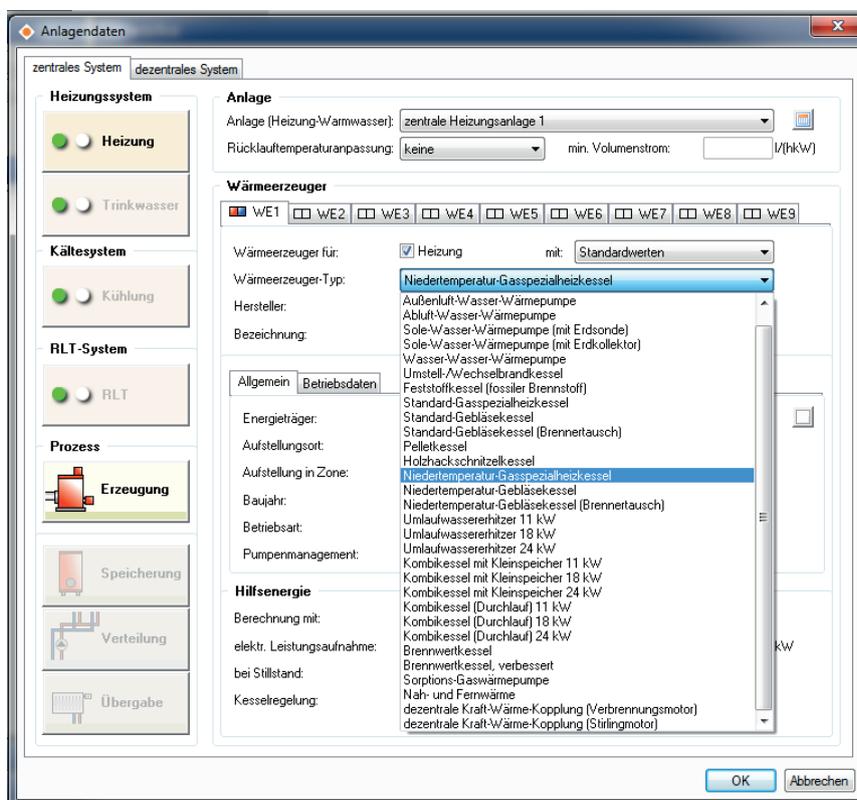


Abbildung 14 Beispiel der Auswahlmöglichkeiten für den Parameter Wärmeerzeuger-Typ aus „Solar-Computer“

Stehen keine Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung, wird zu jedem Indikator neben dem EnEV-Referenzwert ein weiterer Wert mit minimaler und maximaler Qualitätsgüte innerhalb realistischer Größenordnungen zugeordnet. Entsprechend dieser Varianten werden für jeden Parameter die entsprechenden Nutz- und Endenergiebedarfswerte berechnet. Auf eine Kombination der Parameter wurde verzichtet. Die Auswertungen basieren auf den Werten der Endenergie, da diese im Gegenteil zur Nutzenergie die Erzeugerverluste berücksichtigt.

Gibt das Programm keine Auswahlmöglichkeiten vor, wird eine Abweichung von +/- 50% gegenüber der Basisvariante gewählt. Für den U-Wert der Fenster heißt das beispielsweise, dass ausgehend vom Referenzwert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ die Werte $1,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und $0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ berechnet werden.

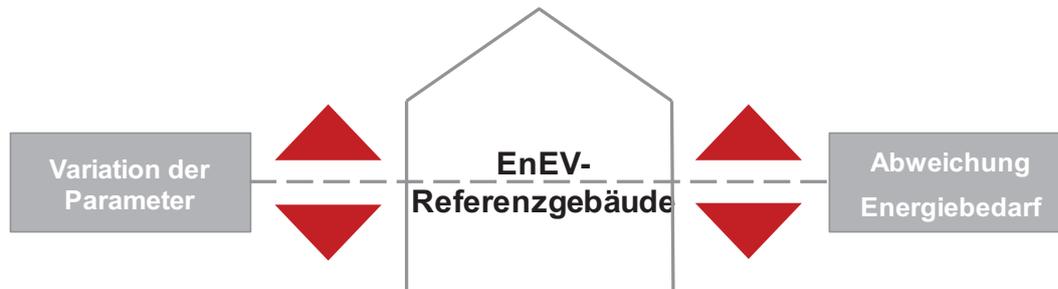


Abbildung 15 Methodik der Parameteranalyse

Der **erste Schritt** der Bewertungsmethodik beruht auf der Abweichung der Endenergie gegenüber dem Referenzgebäude, wie sie in Abbildung 15 dargestellt ist. Zur Auswertung der Sensitivitätsanalyse wurden die folgenden drei Kriterien berücksichtigt:

1. Berechnung der prozentualen Abweichung vom Referenzgebäude
2. Plausibilitätsprüfung der Abweichung
3. Prüfung der Relevanz für Qualitätssicherung

Der **zweite Schritt**, die Plausibilitätsprüfung, ist an dieser Stelle genauer zu betrachten. Für die Analyse wird der erwartete Wert anhand von Erfahrungswerten und Literaturangaben bewertet. Anschließend wird das Ergebnis entweder eingeordnet in

Kategorie 1 (①) (der Wert ist plausibel), oder in

Kategorie 2 (②) (der Wert weist Auffälligkeiten auf, die nicht plausibel erscheinen).

Der **dritte Schritt** basiert auf einer Betrachtung der prozentualen Abweichung und der Plausibilität des Parameters. Nur wenn der Einfluss groß genug ist, die Ergebnisse in der Praxis realistisch sind und einen korrekten EnEV-Nachweis gewährleisten, sollte der Parameter als Qualitätsangabe dienen. Für eine übersichtliche Darstellung wurden folgende Symbole für die Auswertung gewählt.

✓ = wichtig für Qualitätssicherung

✓! = wichtig für Qualitätssicherung, nicht plausibel

✗ = ohne großen Einfluss, nicht notwendig

Anhand des beschriebenen Analyseverfahrens werden im Folgenden die fünf Bereiche der EnEV-Berechnung untersucht. Die Tabelle 5 und 6 enthalten neben drei Spalten, welche den drei Schritten der Analyse zugeordnet werden, eine Spalte „Bezug“. Diese gibt Hinweis darauf, ob der Einfluss als Abweichung zu Werten der Heizung (H), Warmwasser (WW), Beleuchtung (B) oder Lüftung (L) aufgezeigt ist.

In Tabelle 4 sind die berechneten Nutzenergie- und Endenergiebedarfswerte für das EnEV-Referenzgebäude differenziert nach Heizung, Warmwasser, Beleuchtung und Lüftung zusammengetragen. Von dieser Basis berechnen sich die Mehr- und Minderbedarfe der Varianten.

Tabelle 4 Berechnungsergebnisse – Referenzgebäude

	Heizung	Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung
Nutzenergiebedarf	50,1 kWh/m ² a	8,3 kWh/m ² a	21,3 kWh/m ² a	0,0 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	56,4 kWh/m ² a	8,3 kWh/m ² a	21,3 kWh/m ² a	9,0 kWh/m ² a

4.3.3 Auswertung

Beispielhaft tragen die folgenden Tabellen die Ergebnisse der Analyse für den Bereiche „Baukörper / Gebäudehülle“ und „Heizung, Erzeugung“ zusammen. Für weitere Informationen zu den anderen Gruppen wird auf den Anhang unter 1.2. verwiesen. Tabelle 5 zeigt die variierten Parameter bezogen auf den Baukörper und die Gebäudehülle, analysiert nach dem Einfluss auf die Endenergie, die Plausibilität der Ergebnisse und eine Kennzeichnung, ob der Parameter Teil der Qualitätssicherung sein sollte.

Tabelle 5 Baukörper / Gebäudehülle – Einfluss der Parameter

Nr.	Baukörper / Gebäudehülle	Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
1.2.1	Luftdichtheit n ₅₀ -Wert : 1.0 h ⁻¹	H	-12,1%	1	✓
1.2.2	Luftdichtheit n ₅₀ -Wert : 5.0 h ⁻¹	H	38,3%	1	✓
1.2.3	Luftdichtheit n ₅₀ -Wert : 10.0 h ⁻¹	H	108,3%	1	✓
1.3.6	Bauteilfläche Fenster (+/-50%)	H B	+0,5 / -1,8% +9,9 / -3,3%	2	✓
1.5.6	U-Wert: Fenster (+/-50%)	H	ca. +/- 25%	1	✓
1.5.3	U-Wert: Außenwand (+/-50%)	H	ca. +/- 10%	1	✓
1.5.1	U-Wert: Dach (+/-50%)	H	ca. +/- 7%	1	✓
1.5.4	U-Wert: Boden (+/-50%)	H	ca. +/- 2,5%	1	✓
1.6	Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung (g-Wert) (+/-50%)	H	ca. +/- 10%	1	✓
1.7	Sonnen- und Blendschutz	H B	+/-0,4% ca. +/- 2%	2	✓!

EnEV-Referenz:

Luftdichtheit n₅₀-Wert: 2.0 h⁻¹,

nur Blendschutz, Süden: autom. betriebene Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme

Auffallend wenig Einfluss haben die Bauteilfläche der Fenster sowie die Einrichtung des Sonnen- und Blendschutzes. Die Variation der Fensterfläche um +50% hat auf den Endenergiebedarf nur einen Einfluss von +0,5%. Dies erscheint zunächst sehr gering, es ist aber damit zu erklären, dass die solaren Erträge über das gesamte Jahr die durch zusätzliche Fensterfläche entstehenden Verluste ausgleichen. Zudem wird mit einem U-Wert der Fenster von 1,3 W/(m²K) gerechnet, was einem durchschnittlich guten Wärmedurchgangskoeffizient entspricht. Die Einsparung von -1,8% mit einer größeren Fensterfläche ist, damit zu erklären, dass die Wärmeverluste bei 50% geringerer Fensterfläche ebenfalls gering sind.

Das Referenzgebäude beinhaltet Richtung Süden automatisch betriebene Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme, ansonsten nur Blendschutz. Obwohl die Sonnenschutzvorrichtung stark zur Absenkung des Gesamtenergiedurchlassgrades beiträgt, ergab die Berechnungsvariante ohne Sonnen- und/oder Blendschutz im Mittel lediglich eine Abweichung von +/- 0,4% des Endenergiebedarfes. Abgesehen von der Größe und Orientierung der Fensterflächen bzw. des Raumes sind der g-Wert der Verglasung sowie die Art des Sonnen- und Blendschutzes die wichtigsten Angaben, um den sommerlichen Wärmeschutz auf EnEV-Basis zu prüfen. Daher sollten sie stellvertretend für eine separate Prüfung des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 als wichtige Prüfgrößen beibehalten werden.

Tabelle 6 Heizung, Erzeugung – Einfluss der Parameter

Nr.	Heizung - Erzeugung	Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
2.1.2	Luft-Wasser-Wärmepumpe	H	-64,4%	1	✓
2.1.3	Sole-Wasser Wärmepumpe	H	-73,9%	1	✓
2.1.4	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	H	-78,4%	1	✓
2.1.5	Umstell-/Wechselbrandkessel	H	+52,1%	1	✓
2.1.6	Feststoffkessel (fossiler Brennstoff)	H	+2,49%	1	✓
2.1.7	Standardheizkessel	H	+29,4%	1	✓
2.1.8	Niedertemperaturheizkessel	H	+18,8%	1	✓
2.1.9	Brennwertkessel	H	+4,8%	1	✓
2.1.11	Biomasse-Heizkessel	H	+84,9%	1	✓
2.1.12	Nah- und Fernwärme	H	+0,5%	1	✓
2.1.13	Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung	H	-86,2%	1	✓
2.2	Wärmeleistung (+/-50%)	H	0,0% / +4,8%	1	✓
2.4	Aufstellungsort innerhalb der thermischen Hülle	H	+0,5%	2	✗

EnEV-Referenz:

Brennwertkessel, verbessert; Wärmeleistung 102,7 kW; Aufstellungsort außerhalb

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse der Heizungsparameter zeigen, dass die Einflüsse der verschiedenen Varianten der Wärmeerzeuger sehr hoch sind. Der Aufstellungsort und die Wärmeleistung dagegen weisen nur sehr geringen Einfluss auf.

Hinweis: In gleicher Weise wurden alle anderen Parameter aus den Bereichen Warmwasser, Lüftung und Beleuchtung bewertet. Die Ergebnisse sind im Anhang unter 1.2. dargestellt.



4.3.4 Prioritätenliste der Parameter für Qualitätssicherung

Durch die zahlreichen Berechnungsvarianten sind die entsprechenden Abweichungen zum EnEV- Referenzgebäude dokumentiert. Die Berechnungsergebnisse werden jeweils auf Plausibilität geprüft und die Wichtigkeit als Qualitätsangabe für den Energieausweis bestimmt. Die EnEV-Berechnungen mit Parametervariationen zur Bestimmung des Einflusses auf den Energiebedarf werden abschließend in einer Prioritätenliste zusammengefasst. Die Kategorien wurden wie folgt festgelegt:

- Priorität 1: Einfluss 80% - 100%
- Priorität 2: Einfluss 50% - 80%
- Priorität 3: Einfluss 30% - 50%
- Priorität 4: Einfluss 10% - 30%
- Priorität 5: Einfluss 0% - 10%

Dabei sind die Parameter der Priorität 1 von höchster Bedeutung für die Qualitätssicherung, da hier ein hoher energetischer Einfluss vorliegt. Abgestuft verringert sich die Bedeutung für die Qualitätssicherung bis zu Priorität 5. Hier weisen die Parameter der Methodik entsprechend nur noch maximal 10% Einfluss auf den Energiebedarf auf. Die Intervalle zwischen Kategorien wurden nicht „einheitlich groß“ gewählt, um die Aussagekraft zu erhöhen. Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen größtenteils nur geringen Einfluss bis zu 20%. Eine klassische Einteilung von beispielsweise 0%-25%, 25%-50%, usw. hätte dazu geführt, dass zu viele Parameter den unteren Kategorien zugeordnet werden.

Da die einzelnen Varianten der Parameter teilweise sehr unterschiedliche Einflussgrößen aufweisen, wird der Ansatz gewählt, die Einflussstärke der Parameter jeweils über die maximale Abweichung einer Variation zu bewerten. Es erfolgt also keine Mittelwertbildung aller zum Parameter gehörender Varianten, um zu verhindern, dass der Einfluss der Parameter generell zu niedrig bewertet wird. Parameter, deren Einflussstärke in einer heuristischen Bewertung nicht plausibel erscheinen, sind in der Tabelle durch ein "!" gekennzeichnet.

In Tabelle 7 werden die Parameter abschließend mithilfe von fünf Prioritätsstufen gewichtet. Grundlage dafür ist Tabelle 2. Neben den Prioritätsstufen sind auch die Parameter grau gekennzeichnet, die in der weiteren Bearbeitung aufgrund des geringen Einflusses bzw. des unverhältnismäßig großen Prüfaufwandes unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 7 Parameterpriorisierung

1. Baukörper/Gebäudehülle			39	3.9	Solarthermie - Neigung der Kollektorfläche	2!	
lfd. Nr.	Nr.	Kennwert					
1	1.1	Gebäudenutzfläche A_n		40	3.10	Solarthermie - Ausrichtung der Kollektorfläche	2!
				41	3.11	Wärmepumpe - Wärmequelle	1
2	1.2	Luftdichtheit n_{50} -Wert	1			TWW - Speicherung	
3	1.3	Bauteilfläche	4	42	3.12	Speichertyp	1
4	1.4	Bauteilarten		43	3.13	Speicherspezifikation	1
5	1.5	Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert	3	44	3.14	Aufstellungsort	x
6	1.6	Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung g-Wert	4	45	3.15	Speichervolumen	3!
7	1.7	Sonnen- und Blendschutz	4!			TWW - Verteilung	
2. Heizung			46	3.16	Gesamtleitungslänge der Verteilung	3	
lfd. Nr.	Nr.	Kennwert		47	3.17	Dämmstandard Verteilung	1
				48	3.18 <th>Heizung - Erzeugung</th> <td></td>	Heizung - Erzeugung	
				49	3.19 <td>Ort der Verlegung</td> <td>5</td>	Ort der Verlegung	5
8	2.1	Art der Wärmeerzeugung	1	49	3.19 <td>Zirkulationspumpe vorhanden</td> <td>4</td>	Zirkulationspumpe vorhanden	4
9	2.2	Auslegungsgrößen Wärmeleistung gesamt	5	50	3.20	Regelung Zirkulations- bzw. Umwälzpumpe	x
10	2.3	Betriebsart (nur bei mehreren Wärmeerzeugern)		51	3.21	Elektr. Leistung Zirkulations- / Umwälzpumpe	5!
11	2.4	Aufstellungsort	x			TWW - Übergabe	
				52	3.22	Obere Temperaturgrenze	
12	2.5	Heizung - Erzeugung - Sonderparameter		52	3.22	Obere Temperaturgrenze	
13	2.6	Solarthermie - Kollektorart	2!	53	3.23	Anteil der versorgten Bereiche	3
14	2.7	Solarthermie - Neigung der Kollektorfläche	2!			4. Lüftung	
15	2.8	Solarthermie - Ausrichtung der Kollektorfläche	2!	lfd. Nr.	Kennwert		
16	2.9	Wärmepumpe - Wärmequelle	2			Lüftung - Erzeugung	
				54	4.1	Art der mechanischen Lüftung	
17	2.10	Heizung - Speicherung	2	55	4.2	Art der Anlage	2
18	2.11	Speichertyp	2	56	4.3	Wärmerückgewinnung vorhanden	2
				57	4.4	Typ der Wärmerückgewinnung	5
19	2.12	Speicherspezifikation	3!	58	4.5	Wärmerückgewinnungssystem	4
20	2.13	Aufstellungsort	x	59	4.6	Wärmerückgewinnungsgröße (Rückwärmzahl)	4
				60	4.7	Heizregister vorhanden	5
21	2.14	Heizung - Verteilung		61	4.8	Systemtemperaturen Heizregister	
22	2.15	Dämmstandard Verteilung	x	62	4.9	Kühlregister vorhanden	5
23	2.16	Ort der Verlegung	x	63	4.10	Befeuchter vorhanden	5
24	2.17	Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz	4!	64	4.11	Art des Befeuchters	x
25	2.18	Betriebsart der Umwälzpumpe	x	65	4.12	Typ des Befeuchters	x
26	2.19	Elektr. Leistung der Umwälzpumpe	x	66	4.13	Zuluftventilator - Spez. Ventilatorleistung PSFP	2
				67	4.14	Zuluftkanalnetz - Max. Volumenstrom	2!
27	2.21	Regelung der Umwälzpumpe	x	68	4.15	Abluftventilator - Spez. Ventilatorleistung PSFP	3
28	2.22	Heizung - Übergabe		69	4.16	Abluftkanalnetz - Max. Volumenstrom	3!
29	2.23	Übergabesystem 1	3!			Lüftung - Verteilung	
30	2.24	Anteil der versorgten Bereiche Übergabesystem 1	5			Lage der Verteilung	x
31	2.25	Übergabesystem 2	5	70	4.17		
32	3.1	Anteil der versorgten Bereiche Übergabesystem 2	4			Lüftung - Übergabe	
33	3.2	Raumtemperaturregelung	4	71	4.18	Lüftungssystem - Luftführung	x
34	3.3	3. Trinkwarmwasser		72	4.19	Anteil der versorgten Bereiche	1
35	3.4	TWW - Erzeugung		5. Beleuchtung			
36	3.5	Systemart	1	lfd. Nr.	Kennwert		
37	3.6	Art der Wärmeerzeugung Wärmeerzeuger 1	1			Beleuchtung - Erzeugung	
38	3.7	Auslegungsgrößen Wärmeleistung Wärmeerzeuger	5	73	5.1	Beleuchtungsart	3
				74	5.2	Lampentyp	1
				75	5.3	Vorschaltgerät	4
				76	5.4	Beleuchtungskontrolle, präsenzabhängig	4
				77	5.5	Beleuchtungskontrolle, tageslichtabhängig	4
				78			

Im Folgenden werden die Bewertungen einzelner Parameter erläutert:

Es kann auf Parameter verzichtet werden, die aufgrund der Sensitivitätsanalyse nur einen geringen Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudes haben. Hierzu zählen z.B. die Aufstellungsorte der Anlagentechnik für die Erzeugung, Verteilung und Speicherung. Dies gilt auch für Verortung der Leitungsführung.

Auf eine Überprüfung der Bauteilflächen wird zu Gunsten einer praktikablen und zeitlich kompakten Prüfung verzichtet. Der energetische Einfluss ist angesichts des hohen Aufwandes oftmals mäßig. Bei Fenstern z.B. ist er sehr gering, da heutige Dreischiebenverglasungen etwa ausgeglichene Wärmebilanzen von Verlusten und Gewinnen haben. Zudem erfolgt eine genaue Prüfung der Baumassen bei der Kostenprüfung.

Für die Parametergruppe Speicher-Heizung ist der Einfluss nur für einen elektrisch beheizten Speicher von Bedeutung. Diese seltene Art der alleinigen Speichererwärmung wird als wenig relevant bewertet. Auf den Prüfpunkt wird daher verzichtet.

Unter den Sonderparametern der Wärmeerzeugung weisen die verschiedenen Wärmequellen ähnliche Einflüsse auf wie die entsprechenden Wärmeerzeuger. Dennoch wird auf die unter „Erzeugung – Heizung“ und „Trinkwarmwasser“ als Sonderparameter geführten Parameter wie die Ausführung der Solarthermie oder Wärmepumpe verzichtet, da die grundlegenden Angaben dazu bereits unter Art der Wärmeerzeugung berücksichtigt sind. Auch hier gilt es, eine höchstmögliche Kompaktheit der Methodik zu gewährleisten.

Für die Spezifizierung der Wärmeerzeuger wird trotz des geringen energetischen Einflusses auch weiter die Angabe der thermischen Leistung abgefragt. Der Nachweis ist in der Regel der gleiche wie bei der Angabe der Art des Wärmeerzeugers und somit kein Mehraufwand. Auch die Befeuchtung der Raumluft ist zu prüfen, da die geringen Änderungen des Energieaufwandes von etwa 1% in Frage zu stellen sind.

Auf das Abfragen, ob technische Komponenten z.B. bei Pumpen vorhanden sind, wird verzichtet. Die Information wird über die Abfrage der Regelung mitgeliefert, da hier auch die Antwort „keine Pumpe vorhanden“ möglich ist.

Die anfangs identifizierten 77 EnEV-Qualitätsangaben aus dem EnEV-Ausweis konnten durch die Sensitivitätsanalyse auf 41 Prüfparameter mit hoher Relevanz reduziert werden.

4.4 Entwicklung von Prüfprozeduren

Nach der Reduzierung der Prüfparameter auf ein notwendiges Maß steht die Entwicklung von praktikablen Prüfprozeduren und Anwendungsvorgaben für diese Parameter im Vordergrund.

Zu jedem Indikator wird zur Eingrenzung des Prüfumfanges der Bezug zum Gebäude festgelegt. Ziel dabei ist, eine beispielhafte Auswahl von Kennwerten mit der größten Relevanz (Größe, Leistung, Energiebedarf) zu erhalten, die aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben muss. So genügt es z.B. für die Prüfung des U-Wertes der Außenwand, wenn man sich auf den Bauteiltyp Außenwand beschränkt, der den größten Flächenanteil am Gesamtgebäude hat, um die Qualitätssicherung praktikabel zu halten. Tabelle 8 zeigt einen frühen Entwicklungsstand.

Tabelle 8 Beispiel Luftdichtheit: Prüfprozeduren und Anwendungsvorgaben

1.		Nachweis				
Nr.	Kennwert	Einheit	Bezug I	Prüfungsmethodik	Planung	Inbetriebnahme/Betrieb
1.2	Luftdichtheit n_{50} -Wert	1/h	Gesamtes Gebäude	Qualitätsnachweis: - Energieausweis - aktuelle Planungsunterlagen - Detailzeichnungen (Luftdichte Ebene) Prüfung: Abgleich mit gültigen Zielwert	Qualitätsnachweis: - Ermittlung des n_{50} -Wertes aus Messprotokoll der Luftdichtheitsprüfung - Berücksichtigung des Prüfverfahrens Verfahren "A": Messung im fertigen Zustand - Fotonachweis Einbausituation der Blower-Door Prüfung: Abgleich mit gültigen Zielwert	



Um nachvollziehbare Prüfergebnisse zu erzielen, sind einheitliche und klar beschriebene Prüf- und Dokumentationsvorgaben zu definieren. Die Prüfungsmethodik beruht in erster Linie auf einem Vergleich des Sollwertes aus der EnEV-Berechnung und des Istwertes in der Ausführungsplanung bei Fertigstellung, Inbetriebnahme bzw. im Betrieb. Die Prüfvorgaben werden für jeden Parameter festgelegt. Für den Qualitätsnachweis ist im Regelfall eine Fotodokumentation der Einbausituation in der Totale zur Beschreibung der Lage des Bauteils oder der Anlage und im Detail sowie ggf. von Typenschildern des betreffenden Bauteils gefordert. Zur Ergänzung dienen Lieferscheine, Zertifikate oder Messprotokolle als wichtige Information. Auch Auszüge aus der Werkplanung, Anlagenschemata und Funktionsbeschreibungen können als Nachweis der umgesetzten Qualitäten herangezogen werden. Die Praktikabilität der Prüfmethodik wird in den nächsten Arbeitsschritten überprüft.

Da die Anwendung der Prüfmethodik grundsätzlich für alle Projektphasen möglich ist, zeigt Tabelle 8 sowohl Vorgaben für die Planung als auch für die Inbetriebnahme/Betrieb. In der Planung erfolgt der Qualitätsnachweis durch den Abgleich des aktuellen Planungsstandes mit dem im EnEV-Ausweis angegebenen Qualitäten. Für die Phasen Inbetriebnahme bzw. Betrieb sind die Qualitätsnachweise in vielfältiger Form zu erfüllen. Sie reichen von der Fotodokumentation bis zu Typenschildern, Lieferscheinen, Zertifikaten und ggf. Plänen.

Um die Durchführung der Prüfungen und Dokumentationen im praktikablen Rahmen halten zu können, werden sie auf Stichproben in definiertem Umfang beschränkt. Die Prüfung eines Parameters beschränkt sich auf die Einbausituation mit höchster energetischer Relevanz im Gebäude. Diese ergibt sich aufgrund der größten Fläche bzw. Leistung oder des höchsten Energiebedarfs. Für die Prüfung des Parameters „U-Wert Fenster“ ist z.B. die Beschränkung auf den Fenstertyp mit dem größten Flächenanteil des Gesamtgebäudes ausreichend. Im Bereich der Anlagentechnik reichen z.B. die Systemtemperaturen der leistungsstärksten Zone aus.

Die Praxiserfahrungen werden zeigen, ob diese Art der Vereinfachung für alle Arten von Gebäuden notwendig und sinnvoll ist. Gerade für kleinere Bauvorhaben ist die Angabe aller Anlagenteile wenig aufwändig. Die umgesetzten Checklisten berücksichtigen bereits mehrfache Eingaben von Bauteilen und Anlagenteilen. Ein Vorteil liegt in einer Gesamtdokumentation der Qualitäten, die allen Planungsbeteiligten zugänglich ist.

Im folgenden Kapitel werden anhand der finalen Prüfliste die Parameter und deren Prüfprozeduren erläutert.

4.5 Ergebnis: Finale Prüfliste

In der finalen Parameterliste ist die Betriebszeit als neuer Prüfpunkt ergänzt worden, da sie einen energetisch relevanten Parameter darstellt. Praktische Erfahrungen aus Qualitätssicherungen haben hier ein hohes Optimierungspotential aufgezeigt. Die „Art der Wärmeerzeugung“ ist hier nur als einfacher Prüfpunkt ohne die Angabe Wärmeerzeuger 1 und 2 aufgeführt, da eine Umsetzung eines Drop down-Menüs angestrebt wird, mit dem eine Mehrfachauswahl möglich ist.

Hinweis:

Um Qualitätsproblemen frühzeitig entgegensteuern zu können, wird eine Zwischenprüfung mit Abgleich der Qualitäten aus dem EnEV-Ausweis bereits zum Abschluss der Ausführungsplanung bzw. für die Leistungsverzeichnisse empfohlen. Für den nach EnEV geforderten Energieausweis des fertiggestellten Gebäudes ist letztlich das Endergebnis entscheidend. Daher liegt der Schwerpunkt dieses Berichts ab Kapitel 4.5 auf der Prüfung und Dokumentation der Qualitäten während der Fertigstellung und des Betriebs.

Tabelle 9 Finale Liste der Prüfparameter

1. Baukörper / Gebäudehülle				
lfd. Nr.	Nr. alt	Kennwert	Bezug	Einheit
1	1.1	Gebäudenutzfläche	Gesamtes Gebäude	m ²
2	1.2	Luftdichtheit n ₅₀ -Wert	Gesamtes Gebäude	1/h
	1.5	Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert	Bauteiltyp mit dem größten Flächenanteil am Gesamtgebäude	W/(m ² K)
3		Außenwand		
4		Dach / oberste Geschossdecke		
5		Bodenplatte / Kellerdecke		
6		Fenster		
7	1.6	Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung g-Wert	Verglasung mit dem größten Flächenanteil am Gesamtgebäude	
	1.7	Sonnen- und Blendschutz	System mit dem größten Flächenanteil am Gesamtgebäude	
8		Typ		
9		Aktivierung		
10		Art		
11		Sonnen- / Blendschutz		
2. Heizung				
lfd. Nr.	Nr. alt	Kennwert	Bezug	Einheit
Heizung - Erzeugung				
		Wärmeerzeugung	Wärmeerzeuger mit größten Anteil am Energiebedarf des Gesamtgebäudes	
12	2.1	Art der Wärmeerzeugung		
13	2.2	Wärmeleistung		kW
14	neu	Betriebszeiten		
Heizung - Verteilung				
15	2.12	Systemtemperaturen Verteilung	Verteilung mit größten Anteil an Heizleistung des Gesamtgebäudes	°C
16	2.14	Dämmstandard Verteilung	Verteilung mit größten Anteil an Heizleistung des Gesamtgebäudes	
17	2.16	Hydraulisch abgeglichenes Rohmetz	Rohmetz mit größten Anteil an Heizleistung des Gesamtgebäudes	
18	2.19	Regelung Heizungspumpe	Pumpe mit größter Leistung des Gesamtgebäudes	
Heizung - Übergabe				
19	2.21	Übergabesystem	Verteilung mit größten Anteil an Heizleistung des Gesamtgebäudes	
3. Trinkwarmwasser				
lfd. Nr.	Nr. alt	Kennwert	Bezug	Einheit
TWW - Erzeugung				
		Wärmeerzeugung	Wärmeerzeuger mit größten Anteil am Energiebedarf des Gesamtgebäudes	
20	3.2	Art der Wärmeerzeugung		
21	3.4	Wärmeleistung		kW
TWW - Verteilung				
22	3.16	Gesamtleitungslänge der Verteilung	Summe aller Verteil-, Strang- und Stichelungen des Gesamtgebäudes	m
23	3.17	Dämmstandard Verteilung	Verteilung mit größten Anteil an Warmwasserbedarf des Gesamtgebäudes	
24	3.20	Regelung Zirkulationspumpe	Verteilung mit größten Anteil an Warmwasserbedarf des Gesamtgebäudes	
4. Lüftung				
lfd. Nr.	Nr. alt	Kennwert	Bezug	Einheit
Lüftung - Erzeugung				
25	4.1	Art der mechanischen Lüftung	Anlage mit dem größten Luftvolumenstrom des Gesamtgebäudes	
26	4.2	Art der Anlage		
27	neu	Betriebszeiten		
28	4.5	Wärmerückgewinnungssystem		
29	4.6	Wärmerückgewinnungsgröße (Rückwärmzahl)		
30	4.11	Art des Befeuchters		
31	4.12	Typ des Befeuchters		
32	4.13	Zuluftventilator - Spez. Ventilatorleistung PSFP		kW/(m ³ /s)
33	4.14	Zuluftkanalnetz - Max. Volumenstrom		m ³ /h
34	4.15	Abluftventilator - Spez. Ventilatorleistung PSFP		kW/(m ³ /s)
35	4.16	Abluftkanalnetz - Max. Volumenstrom		m ³ /h
Lüftung - Übergabe				
36	4.19	Anteil der versorgten Bereiche	Anteil der versorgten Bereiche aller Lüftungsanlagen des Gebäudes	%
5. Beleuchtung				
lfd. Nr.	Nr. alt	Kennwert	Bezug	Einheit
Beleuchtung - Erzeugung				
		Beleuchtungsart	Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes	
37	5.1	Beleuchtungsart		
38	5.2	Lampentyp		
39	5.3	Vorschaltgerät		
40	5.4	Beleuchtungskontrolle, präsenzabhängig		
41	5.5	Beleuchtungskontrolle, tageslichtabhängig		

Auf Grundlage der finalen Prüfliste werden in Tabelle 10 bis Tabelle 14 für jeden Einzelparameter der Prüfbezug und die Prüfdokumentation für den abschließenden Prüfungsvorgang während der Errichtung und des Betriebes erläutert. In der Spalte „Bezug“ wird der Teil des Gebäudes bzw. der Anlagenteil angegeben, der einer Prüfung zu unterziehen ist. Weiter werden unter „Dokumentation“ die Dokumente angegeben, die für eine Prüfung und Dokumentation benötigt werden.

Tabelle 10 Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Baukörper / Gebäudehülle



	Bezug			Dokumentation								
	gesamt	größte Anlage	größte Fläche	Planunterlagen			Berechnungen	Mess- / Prüfprotokoll	Fotos			
				Grundriss	Schnitt	Detail			Totale	Detail	Typenschild	Regelung
Baukörper / Gebäudehülle												
1 Gebäudenutzfläche	■											
2 Luftdichtheit	■											
3 Dämmstandard - Außenwand			■									
4 Dämmstandard - Dach/oberste Geschossdecke			■									
5 Dämmstandard - Bodenplatte/Kellerdecke			■									
6 Fenster - g-Wert			■									
7 Fenster - U-Wert			■									
8 Sonnenschutz - Typ			■									
9 Sonnenschutz - Aktivierung			■									■
10 Sonnenschutz - Art			■									
11 Sonnenschutz - Sonnen- / Blendschutz			■									

In der Gruppe „Baukörper / Gebäudehülle“ sind, wie in Tabelle 10 ersichtlich, mit Ausnahme der Parameter „Gebäudenutzfläche“ und „Luftdichtheit“ alle Bauteile mit der größten Einzelfläche eines Bauteiltyps zu prüfen. Die „Gebäudenutzfläche“ und die „Luftdichtheit“ werden für das Gesamtgebäude geprüft. Prüfung und Dokumentation erfolgen für die „Gebäudenutzfläche“ über Grundrisse und die nachvollziehbare Flächenberechnung des Architekten. Für die Prüfung der „Luftdichtheit“ wird das Messprotokoll des Blower-Door-Tests im Verfahren "A" „Messung im fertigen Zustand“ benötigt. Zudem ist ein Foto beizulegen, das den Messvorgang im Gebäude in der Totale dokumentiert.

Für die Qualitätsprüfung der Gebäudehülle werden für jeden Bauteiltyp Detailzeichnungen und Bauteilaufbauten der ausgeführten Baukonstruktion aus der Werkplanung benötigt.

Während der Errichtung ist die verbaute Qualität durch z.B. Übereinstimmungszertifikate der Dämmung oder das Fenster-Typenschild zu prüfen und zu dokumentieren. Hinzu kommt eine Fotodokumentation mit der Ansicht des Bauteils in der Einbausituation (Totale und Detail). Erst jetzt ist z.B. die Prüfung der Schichtdicke auf der Baustelle durch den Abgleich mit dem Bauteilaufbau aus der Planung möglich.

Die Prüfung des Sonnenschutzes wird auf Fotos in der Einbausituation beschränkt. Für den Parameter "Sonnenschutz- Aktivierung" ist zusätzlich die Regelung über die Werkplanung bzw. über die Revisionsunterlagen, Funktionsbeschreibungen bzw. Nutzereinweisung zu dokumentieren. Zur Auswahl stehen nach EnEV „manuell“ „zeitgesteuert“ oder „automatisch in Abhängigkeit der Einstrahlung“. Obwohl die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2: 2013-02 ein wichtiger Teil des EnEV-Ausweises ist, wird für die Methodik auf eine gesonderte Bewertung verzichtet, da mit dem g-Wert des Fensters und der Art des Sonnenschutzes bereits die wesentlichen Parameter berücksichtigt werden.

Tabelle 11 Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Heizung



	Bezug			Dokumentation								
	gesamt	größte Anlage	größte Fläche	Planunterlagen			Berechnungen	Mess- / Prüfprotokoll	Fotos			
				Grundriss	Schnitt	Detail			Totale	Detail	Typenschild	Regelung
Heizung												
12 Art der Wärmezeugung												
13 Wärmeleistung												
14 Betriebszeiten												
15 Systemtemperaturen												
16 Dämmstandard Verteilung												
17 hydraulischer Abgleich												
18 Regelung Heizpumpen												
19 Übergabesystem												

Tabelle 12 Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Trinkwarmwasser



	Bezug			Dokumentation								
	gesamt	größte Anlage	größte Fläche	Planunterlagen			Berechnungen	Mess- / Prüfprotokoll	Fotos			
				Grundriss	Schnitt	Detail			Totale	Detail	Typenschild	Regelung
Trinkwarmwasser												
20 Art der Wärmezeugung												
21 Wärmeleistung												
22 Leitungslänge Verteilung												
23 Dämmstandard Verteilung												
24 Regelung Zirkulationspumpe												

Für die Gruppen „Heizung“ und „Trinkwarmwasser“ erfolgt in den meisten Fällen die Prüfung für die Anlage mit dem größten Anteil an der Wärmezeugung. Einige Prüfungen sind für die leistungsstärkste Zone vorgesehen.

Für den Qualitätsnachweis ist im Regelfall eine Fotodokumentation der Einbausituation in der Totalen (Raumsituation) und im Detail sowie ggf. von Typenschildern des betreffenden Anlagenteils gefordert. Zur Ergänzung wäre auch ein Produktdatenblatt mit entsprechenden technischen Angaben möglich.

Für die Prüfung und Dokumentation der „Betriebszeiten“ und der „Regelung Heizpumpe bzw. Zirkulationspumpe“ kann mit Fotos des DDC-Bildschirms (DDC- Direct Digital Control) sowie ggf. der Funktionsbeschreibung erfolgen. Ein Soll-Ist-Vergleich der Betriebszeiten erfolgt über den Abgleich mit den Angaben zu den Nutzungszonen der DIN 18599-10. Maßgebend ist die größte Nutzungszone des Gebäudes.

Für den Parameter „Hydraulischer Abgleich“ sind stichprobenartig Fotos vom Heizkörper im Raum, inklusive Angabe der Raumnummer/ -bezeichnung im Grundriss sowie ein Detailfoto von der Einstellung am Heizkörper beizufügen. Zu vergleichen sind die Einstellungen vor Ort mit der Berechnung des hydraulischen Abgleichs. Für eine Stichprobe wird je nach Größe des Gebäudes ein bis zwei Prüfungen pro Geschoss vorgeschlagen.

Tabelle 13 Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Lüftung



	Bezug			Dokumentation									
	gesamt	größte Anlage	größte Fläche	Planunterlagen			Fotos						
				Grundriss	Schnitt	Detail	Berechnungen	Mess- / Prüfprotokoll	Totale	Detail	Typenschild	Regelung	
Lüftung													
25 Art der mechanischen Lüftung													
26 Art der Anlage													
27 Betriebszeiten													
28 Wärmerückgewinnungssystem													
29 Rückwärmzahl													
30 Art des Befeuchters													
31 Typ des Befeuchters													
32 Zuluftventilator - spez. Ventilatorleistung PSFP													
33 Zuluftkanalnetz - max. Volumenstrom													
34 Abluftventilator - spez. Ventilatorleistung PSFP													
35 Abluftkanalnetz - max. Volumenstrom													
36 Anteil versorgter Bereich													

Für die Gruppe „Lüftung“ erfolgt die Prüfung für die Anlage mit dem größten Luftvolumenstrom des Gesamtgebäudes. Der Anteil der versorgten Lüftungsbereiche bezieht sich auf das Gesamtgebäude und ist über die Grundrisse mit Kennzeichnung und Flächenangaben (Berechnungen) der versorgten Bereiche nachzuweisen.

Der Nachweis über den Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung erfolgt über die Berechnung des Errichters zusammen mit der Fotodokumentation der Einbausituation der Lüftungsanlage und des Typenschildes der Anlage sowie des Wärmetauschers.

Für die spezifische Ventilatorleistung (PSFP) ist das Messprotokoll des Errichters der Einregulierung der Anlage vor Ort erforderlich. Alternativ ist das Differenzdruckverfahren vor Ort durch den Qualitätssicherer durchzuführen oder die Berechnung des Herstellers unter Berücksichtigung der umgesetzten Lüftungsverteilung heranzuziehen.

Tabelle 14 Prüfbezug und -dokumentation für Gruppe Beleuchtung



	Bezug			Dokumentation								
	gesamt	größte Anlage	größte Fläche	Planunterlagen			Fotos					
				Grundriss	Schnitt	Detail	Berechnungen	Mess- / Prüfprotokoll	Totale	Detail	Typenschild	Regelung
Beleuchtung												
37 Beleuchtungsart												
38 Lampentyp												
39 Vorschaltgerät												
40 Beleuchtungskontrolle, präsenzabhängig												
41 Beleuchtungskontrolle, tageslichtabhängig												

Für die Gruppe „Beleuchtung“ erfolgt die Prüfung für die Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes.

Zur Prüfung ist eine Fotodokumentation der Einbausituation im Raum und im Detail, nach Möglichkeit mit Typenbeschriftung sowie von Typenschildern des Vorschaltgerätes gefordert. Zur Ergänzung wäre auch ein Produktdatenblatt mit entsprechenden technischen Angaben möglich. Die Lage der stichprobenartig untersuchten Beleuchtung (Raumnummer, Lage im Grundriss) ist anzugeben. Für eine Stichprobe sind je nach Größe des Gebäudes eine bis zwei Prüfungen pro Geschoss vorgesehen.

Im Anhang unter 1.3. sind für jeden einzelnen Parameter Hinweise zur Prüfung und Dokumentation beigefügt. Dies umfasst die Auswahlmöglichkeiten nach EnEV, Hinweise zur Prüfdurchführung und zur Art der Dokumentation mit Beispieldokumenten und Fotos.



5 AUFBAU DES SOFTWARE-DEMONSTRATORS

Die bei der Anwendung der Methodik verwendete Software Solar-Computer und 'task manager' werden vorgestellt. Die systemoffene Schnittstelle für den Export der notwendigen Daten aus der EnEV-Berechnung wird erläutert.

5.1 Software Solar-Computer

Das für die Datenschnittstelle genutzte EnEV-Berechnungsprogramm „EnEV 2104 / DIN V 18599“ (Version 5.12.01) wird von der Solar-Computer GmbH mit Sitz in Göttingen angeboten. Die Solar-Computer GmbH ist Gründungsmitglied in der „DIN V 18599 Gütegemeinschaft e.V.“. Ziel der Gemeinschaft ist es, Berechnungsprogramme für die DIN V 18599, die Norm und involvierte Normen bei der Berechnung zu verbessern. Das Softwarepaket ist Teil eines modularen Baukastenprinzips mit diversen Programmen aus dem Bereich der technischen Gebäudeausrüstung und Bauphysik.

Die Berechnungen zum bedarfsorientierten Energieausweis sind für Wohn- und Nichtwohngebäude auf Basis der DIN V 18599 möglich.

5.2 Software task manager

Die im Forschungsprojekt „IQS 18599“ entwickelten Checklisten sind in dem Webservice „task manager“ der Firma synavision GmbH mit Sitz in Aachen umgesetzt worden. Das Werkzeug „task manager“ ist für das Qualitätsmanagement im Baubereich per Webbrowser nutzbar. Damit ist eine Anwendung mit Notebook, Tablet oder Smartphone im Büro oder auf der Baustelle möglich.

Das Programm ist im Vorfeld dieses Forschungsprojektes als webbasierter Demonstrator für die Prozesssteuerung von Qualitätssicherungen entwickelt worden und weist unter anderem folgende Eigenschaften auf:

- Individuell auf die Anforderungen abgestimmte Checklisten und Protokollvorlagen können in einem drag&drop-Editor als Vorlage erstellt werden.
- Aus den Vorlagen lassen sich in beliebiger Anzahl Checklisten zur Durchführung von Qualitätsprüfungen erzeugen.
- Für den Nachweis der Qualitäten steht ein Datenupload von Dokumenten, Fotos oder Filmen zur Verfügung.
- Eine aktive Steuerung der Qualitätssicherungsprozesse ist durch die Zuweisung von Aufgaben, eine Statusnachverfolgung und eine Termin- und Erinnerungsfunktion mit automatisiertem E-Mailversand von sogenannten Prüftickets gegeben.
- Zur präzisen Nachverfolgung werden sämtliche Arbeitsschritte im Archiv automatisch dokumentiert.

Über die EnEV-Checklisten hinaus kann die Software auch für die allgemeine Durchführung von Qualitätssicherungen genutzt werden. Folgende beispielhafte Anwendungen sind mit dem Werkzeug umsetzbar:

- Prüftickets für Soll-Ist-Vergleich
- Mängelmanagement für allgemeine Baustellenmängel
- Protokolle, z.B. Inspektionen von Anlagentechnik
- Nachweise z.B. EnEV, PHPP
- Bestandsaufnahmen

5.3 Umsetzung der Schnittstelle Solar-Computer / task manager

Aufgabe der Solar-Computer-GmbH ist die Programmierung des automatisierten Datenexports aller Einzelindikatoren aus den EnEV-Berechnungsunterlagen, welcher in dem Modul „B55“ unter dem Reiter „Extras“ (siehe Abbildung 16) implementiert wurde.

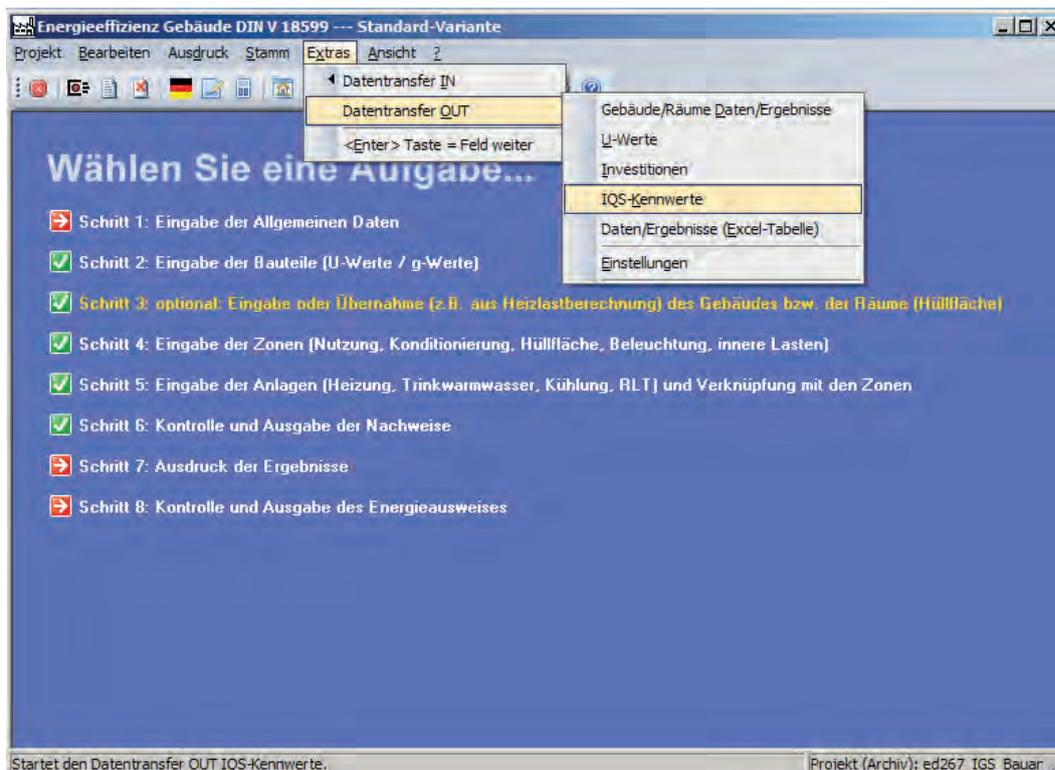


Abbildung 16 Exportfunktion SOLAR-COMPUTER

Die Datenausgabe enthält alle notwendigen Parameter in derselben Reihenfolge wie in den erstellten Checklisten. Um eine Programmoffenheit zu erhalten ist die Ausgabe des Daten-Exports in dem Dateiformat XML erfolgt (siehe Abbildung 17). Damit ist eine allgemein verwendbare, produktunabhängige Schnittstelle definiert. Die Schnittstelle ist dem Bericht einschließlich des Quellcodes als XSD Datei beigelegt. Sie beschreibt im Detail den Aufbau für die Umsetzung der entsprechenden XML Datei.

```
-<B55_IQS elementFormDefault="qualified" targetNamespace="http://solar-computer.de/B55IQS">
- <Baukoerper_Gebaeudehuelle>
  <Energiebezugsflaeche>1910.00</Energiebezugsflaeche>
  <Luftdichtheit_n50Wert>0.77</Luftdichtheit_n50Wert>
  <Sonnen_Blendschutz>nur Blendschutz</Sonnen_Blendschutz>
  <Gesamtenergiedurchlassgrad_Verglasung_g-Wert>0.43</Gesamtenergiedurchlassgrad_Verglasung_g-Wert>
- <U-Wert>
  <Dach>0.112</Dach>
  <Boden>0.127</Boden>
  <Fenster>0.757</Fenster>
  </U-Wert>
</Baukoerper_Gebaeudehuelle>
- <Beleuchtung>
  <Beleuchtungsart>direkt und indirekt</Beleuchtungsart>
  <Lampentyp>Leuchtstofflampen stabförmig</Lampentyp>
  <Vorschaltgeraet>elektronisches Vorschaltgerät</Vorschaltgeraet>
  <Praesenzkontrolle>manuell, kein automatisches Syst</Praesenzkontrolle>
  <Tageslichtkontrolle>manuell</Tageslichtkontrolle>
</Beleuchtung>
</B55_IQS>
```

Abbildung 17 Inhalt Export-Datei SOLAR-COMPUTER (Ausschnitt)

Der Import der Datenausgabe aus Solar-Computer in das Programm task manager ist strukturell definiert. Durch die Klartext-Ausgabe der Daten in der XML-Datei ist die manuelle Übertragung in den task manager jedoch möglich. Der Datenimport kann nach einer entsprechenden Standardisierung auch Software-technisch implementiert werden und dann automatisiert erfolgen.

5.4 Umsetzung der Methodik im task manager

Für dieses Forschungsprojekt IQS 18599 wurden die ausgewählten Einzelindikatoren (vgl. Tabelle 9) im task manager themenweise zu Checklisten zusammengestellt.

Die in Abbildung 18 dargestellte Prüfdokumentation gibt einen Überblick über die Vollständigkeit und die Bewertung der erfolgten Prüfung. Für jeden Einzelindikator ist die Qualität des Sollwertes aus dem EnEV-Nachweis und des Istwertes der Umsetzung anzugeben. Belege für die eingebaute Qualität werden in Form von Fotos, Zertifikaten, Lieferscheinen, Typenschildern oder Plänen als Dokument angehängt.

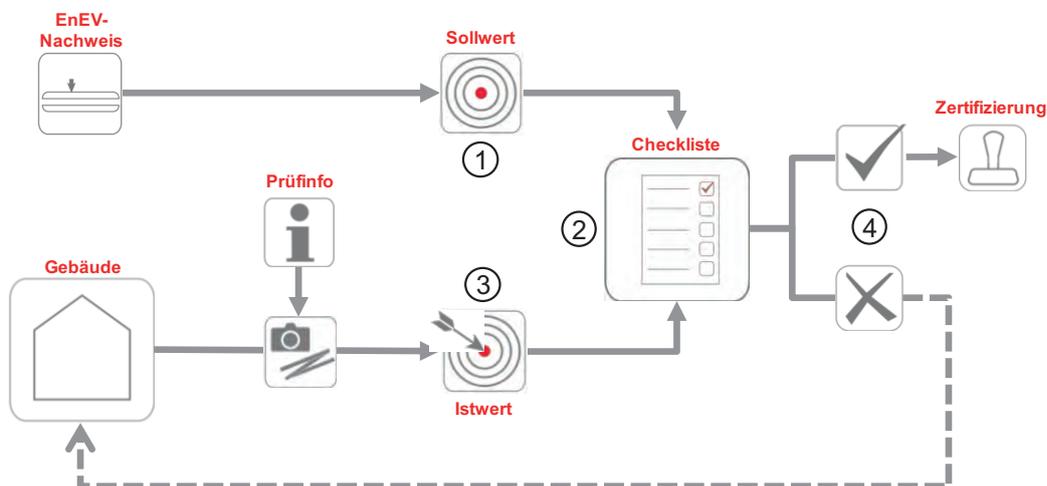


Abbildung 18 Komponenten der IQS-Methodik

Die einzelnen Schritte der Prüfdokumentation sind wie folgt definiert:

1. Die im EnEV-Ausweis festgelegten Qualitäten werden in Form einer Parameterliste exportiert und in die EnEV-Checkliste als Sollwerte eingebunden.
2. Die Checkliste hat die zentrale Funktion zur Steuerung des Qualitätssicherungsprozesses. In der Checkliste sind die in der Parameterliste festgelegten Sollwerte zusammengetragen.
3. Im nächsten Schritt werden diese der Qualitätsprüfung unterzogen. Zum Prüfnachweis werden zu jedem Parameter Fachinformationen entsprechend des Prüfumfanges bereitgestellt bzw. eingefordert.
4. Erfüllt der Ist-Wert den Soll-Wert, ist die Prüfvorgabe erfüllt. Dies wird zusammen mit einer Dokumentation des Nachweises in der Checkliste eingetragen. Der Prüf- und Dokumentationsprozess ist abgeschlossen, die Zertifizierung der EnEV-Konformität ist gegeben.

Inhaltlich legen die Checklisten zu jedem Parameter einen Prüf- bzw. Dokumentationsprozess fest. Dabei werden die Sollwerte oder Ausführungsdetails, die in der Planung über den EnEV-Ausweis definiert worden sind, mit den Ist-Werten der Ausführung nach Fertigstellung bzw. im Betrieb des Gebäudes verglichen.

Für die EnEV-Qualitätssicherung werden insgesamt 41 Parameter aus dem EnEV-Nachweis verwendet. Es liegen insgesamt 5 Checklisten für die Bereiche Gebäudehülle, Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Beleuchtung in der Online-Anwendung vor.

Im Folgenden wird eine beispielhafte EnEV-Checkliste für die Beleuchtung anhand des Parameters „Lampentyp“ erläutert. Im Webservice wird die Checkliste Beleuchtung geöffnet. Sie gliedert sich in die Parameter Beleuchtungsart, Lampentyp, Vorschaltgerät und Beleuchtungskontrolle. Zur Unterstützung der Bearbeitung können über Links Erläuterungen des jeweiligen Prüfpunkts eingesehen werden, die Hinweise zur Dokumentation geben und den genauen Prüfumfang beschreiben (siehe Abbildung 19).

5.2 Lampentyp

Der Parameter „Lampentyp“ beschreibt die Art des Leuchtmittels und ist damit von grundlegendem Einfluss für den energetischen Wirkungsgrad.

Auswahl
Checkliste

■ Glühlampen



■ Halogenglühlampen



Hinweis zur
Angabe

- Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes
- LED-Ersatzlampen bezeichnet den Ersatz für Glühlampen, Halogenglühlampen und Leuchtstofflampen (auch Retrofit-Produkte genannt)
- LEDs in LED-Leuchten bezeichnen Leuchten, die speziell für das Leuchtmittel LED konstruiert wurden

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail), Typenbeschriftung

Beispiele



Leuchtstofflampe, stabförmig (Totale)



Leuchtstofflampe, stabförmig (Detail)

Abbildung 19 Beispiel: Erläuterung eines Prüfpunkts zur Beleuchtung

Für die Dokumentation des Parameters sind vier Eingaben erforderlich, welche in Abbildung 20 dargestellt sind.

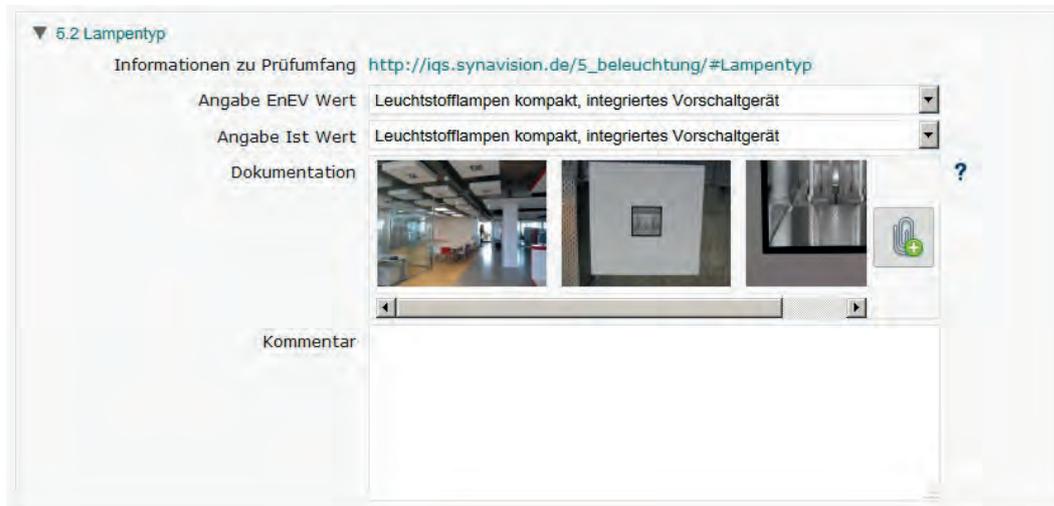


Abbildung 20 Beispiel einer EnEV-Online-Checkliste zur Überprüfung der Beleuchtung

Unter den einzelnen Punkten ist folgendes zu verstehen:

Angabe EnEV-Wert: Die Angabe des Soll-Wertes wird aus dem entsprechenden EnEV-Nachweis übernommen. Es stehen für diesen Parameter drei verschiedene Beleuchtungsarten nach EnEV zur Auswahl.

Angabe Ist-Wert: Dieser Angabe entspricht der im Gebäude vom Qualitätssicherer tatsächlich vorgefundenen Beleuchtungsart.

Dokumentation: Für den Qualitätsnachweis ist im Regelfall zusätzlich eine Fotodokumentation der Einbausituation in der Totale (Raumsituation) und im Detail sowie ggf. von Typenschildern des betreffenden Bauteils gefordert. Zur Ergänzung dienen Lieferscheine, Zertifikate oder Messprotokolle, auch als Foto-Datei. Auszüge aus der Werkplanung, Anlagenschemata und Funktionsbeschreibungen können ebenfalls als Nachweis der umgesetzten Qualitäten herangezogen werden.

Kommentar: Bei Bedarf kann der Vergleich durch den Anwender kommentiert werden, um z. B. Abweichungen zu begründen oder Ausführungsdetails zu erläutern. Es kann auch der Ort spezifiziert werden, an dem die Prüfung stattgefunden hat.

Unterscheiden sich EnEV-Sollwert und Istwert, ist die umgesetzte Ausführung in der Nachführung des Energieausweises nach Fertigstellung des Gebäudes zu dokumentieren. Die EnEV-Berechnung ist im Anschluss unter Berücksichtigung der geänderten Parameter zu überarbeiten. Wenn die EnEV-Anforderungswerte nicht mehr eingehalten werden, ist zu beachten, dass baurechtlich eine Anpassung des Gebäudes bzw. der Anlagentechnik notwendig wird.

Nach Durchführung und Dokumentation aller Prüfungen sind sämtliche Daten in elektronischer Form archiviert, können jedoch auch z.B. als Anlagen zu einer Konformitätserklärung ausgedruckt werden. Diese kann anschließend eingescannt und der elektronischen Dokumentation angehängt werden, um den gesamten Nachweis vollständig abzulegen.



6 PRAKTISCHE ANWENDUNG IN GEBÄUDEN

In diesem Kapitel werden die Untersuchungen der Tauglichkeit^{III} und Praktikabilität^{IV} anhand von Qualitätssicherungen verschiedener Gebäude in unterschiedlichen Bauphasen näher beschrieben.

Zunächst wird hierfür die praktische Anwendung der Qualitätssicherung modellhaft anhand der verschiedenen Projektphasen erläutert, wobei ein Schwerpunkt auf der Errichtung liegt. Anschließend werden die untersuchten Gebäude dargestellt. Des Weiteren wird die Überprüfung mehrerer Parameter in den Gebäudephasen Planung, Errichtung und Betrieb beispielhaft dargestellt.

Der Abschluss dieses Kapitels bewertet die praktische Anwendung hinsichtlich des wirtschaftlichen Aufwandes und schließt mit einem Fazit ab.

6.1 Durchführung der praktischen Anwendung

Die entwickelte Methodik soll über alle Projektphasen eines Gebäudes hinweg, von der Planung, Errichtung, Inbetriebnahme bis hin zur Nutzung, tauglich sein. Zur Validierung wurde die Methodik in mehreren Gebäuden in verschiedenen Phasen angewendet und dokumentiert. Die Prüfung in der Planungsphase fand vor Beginn der Errichtung statt, die Prüfung der Nutzung nach Fertigstellung der Baumaßnahmen.

Die baubegleitende Durchführung der Qualitätssicherung erfolgte durch Vor-Ort-Termine. Bedingt durch den Baufortschritt wurden während der Bauphase die einzelnen Parameter zu verschiedenen Zeitpunkten dokumentiert, welche standardisiert in Tabelle 15 dargestellt sind. In der ersten Spalte der Tabelle ist eine vereinfachte Darstellung eines Gebäudes dargestellt, in dem die untersuchten Parameter symbolisch gekennzeichnet sind. Die zweite Spalte beinhaltet eine Auflistung der bei den jeweiligen Terminen betrachteten Parameter auf. Die Bezeichnungen der einzelnen Parameter sind zur besseren Vergleichbarkeit mit den Nummerierungen aus den Tabellen Tabelle 10 bis Tabelle 14 angegeben.

^{III} Unter Tauglichkeit ist die theoretische Funktion der Methodik zu verstehen

^{IV} Die Praktikabilität beschreibt die praktische Funktion der in den Checklisten umgesetzten Methodik



Tabelle 15 Übersicht der notwendigen Begehungen und die jeweilig prüfbaren Parameter

Der erste Vor-Ort Termin findet bereits in den ersten Bauwochen statt, in denen die Bodenplatte hergestellt wird. An diesem Termin wird die Dämmstärke der Bodenplatte dokumentiert. Die zweite Besichtigung umfasst die Dokumentation der Qualitäten des Daches. Der dritte Besichtigungstermin findet in der Zeit statt, in der die Gebäudehülle gedämmt wird. An diesem Termin werden die Qualitäten der Außenwände und Fenster zusammen mit einem eventuell vorhandenen Sonnenschutzsystem aufgenommen. Vor den Estricharbeiten wird der vierte Vor-Ort-Termin durchgeführt. Ein Großteil der Arbeiten an den Gewerken Heizung und TWW ist zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen, sodass an diesem Termin diverse Parameter dieser Gewerke erfasst werden können. Abschließend wird der fünfte Besichtigungstermin durchgeführt. Hierbei wird der Luftdichtheitstest durchgeführt und die fehlenden Parameter der Gewerke Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und Beleuchtung dokumentiert.

Die vollständige Erfassung aller Parameter erfordert neben den Vor-Ort-Terminen die Ermittlung der Parameter Gebäudenutzfläche, Leitungslänge der Trinkwarmwasserverteilung und den Anteil der versorgten Bereiche der Lüftung, welche im Büro aus den jeweiligen Berechnungen bzw. Plänen zu ermitteln sind.

6.2 Gebäudebeschreibung

Die Evaluierung der Methodik unterteilt sich in zwei Schritte, bei denen insgesamt sechs Gebäude betrachtet werden. Der erste Schritt umfasst die Untersuchung von drei bereits qualitätsgesicherten Gebäuden und soll die Tauglichkeit der Methodik für eine Qualitätssicherung aufzeigen. Im darauf folgenden Schritt wird die Praktikabilität der Checklisten untersucht. Hierfür wird die Qualitätssicherung von drei weiteren Gebäuden unter Verwendung der Checklisten durchgeführt und deren zeitlicher und wirtschaftlicher Aufwand bewertet.

Zunächst werden die ersten drei Gebäude auf Grundlage von vorhandenen Daten einer Qualitätssicherung von energydesign Braunschweig bearbeitet. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung befinden sich die drei Gebäude sich in folgenden Projektphasen:



Abbildung 21
Kindertagesstätte Hannover;
Betrieb



Abbildung 22
Familienzentrum Hannover;
Planung - Fertigstellung



Abbildung 23
Gedenkstätte Hannover; Planung

Für weiterführende Informationen zu den Gebäuden wird auf den Anhang verwiesen.

Aus den vorhandenen EnEV-Berechnungen nach DIN V 18599 mit der Software Solar-Computer werden die relevanten Prüfparameter in die Checkliste des task managers übertragen. Da die Datenübergabe zu diesem Zeitpunkt noch nicht automatisiert erfolgt, ist dies manuell geschehen.

Drei weitere Gebäude werden, soweit dies im Zeitrahmen des Forschungsprojektes möglich war^V, während ihrer Errichtung bzw. des Betriebs qualitätsgesichert. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung befinden sich die drei Gebäude in folgenden Projektphasen:



Abbildung 24
Wohngebäude Hannover;
Fertigstellung



Abbildung 25
IGS Mühlenberg Hannover;
Fertigstellung



Abbildung 26
Geschäfts- und Bürogebäude
Wittmund; Betrieb

Für die Datenübergabe kann bereits die Schnittstelle zum Export der Parameterliste aus dem Solar Computer verwendet werden (vgl. Kapitel 5.3.).

6.3 Anwendung der Prüfprozeduren

Die Erfassung der einzelnen Prüfparameter unterscheidet sich nach dem aktuellen Planungs- bzw. Baufortschritt. Allgemein wurden die Parameter in der Planungsphase durch die aktuellsten Planungsstände und Berechnungen dokumentiert. Während der Errichtung erfolgte eine Dokumentation des Baufortschrittes z.B. über eine Fotodokumentation, Fotografien, Typenschilder, Lieferscheine. Die Anwendung der Prüfprozedur während des Betriebs erfolgte analog zur Errichtung durch Dokumentation der verbauten Qualitäten.

Die Überprüfung der einzelnen Parameter unterteilt sich in zwei Schritte. Der erste Schritt stellt jeweils den Eintrag des Sollwertes der Parameter gemäß EnEV-Berechnung in die Checklisten dar. Der Erfassung des Istwertes wird im Folgenden exemplarisch für verschiedene Parameter in unterschiedlichen Projektphasen aufgezeigt. Eine Gesamtübersicht der Anforderungen an die Überprüfung aller Parameter ist im Anhang unter 1.5. bis 1.7. gegeben.

^V Ein Teil der Parameter konnten nicht erfasst werden, da nicht alle Gebäude bis zum Ende des Forschungsprojektes fertiggestellt wurden

6.3.1 Überprüfung Parameter „Art der Wärmeerzeugung“ – Planung

	Planung Heizung – 12 Art der Wärmeerzeugung	
	Sollwert Gas Brennwertkessel	Istwert Gas Brennwertkessel
	<ul style="list-style-type: none"> • Import SolarComputer 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausschnitt Grundriss Heizung mit Beschreibung des Wärmeerzeugers <p><u>Alternativ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Berechnung Kesselleistung mit Kesselauswahl • Datenblatt Kessel

Anschließend erfolgt die Dokumentation des Istwertes in der Planungsphase über die Planunterlagen der Heizungsanlage, wobei darauf zu achten ist, dass eine Angabe zu dem Wärmeerzeuger in den Grundrissen vorhanden und erkennbar ist (siehe Abbildung 27).

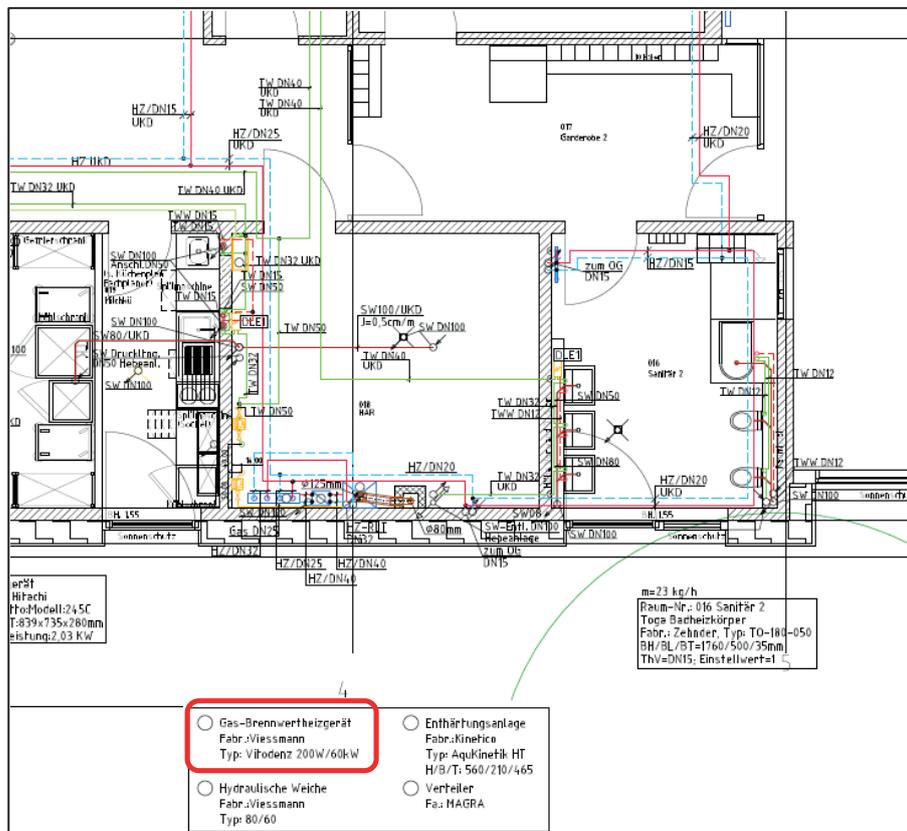


Abbildung 27 beispielhafte Dokumentation Parameter "Art der Wärmeerzeugung" in der Planungsphase (Ausschnitt Grundriss)

Abweichend kann hier die Auslegung des Wärmeeerzeugers in Verbindung mit dem dazu-gehörigen Produktdatenblatt zur Dokumentation verwendet werden. Eine beispielhafte Darstellung der Dokumentation ist in Abbildung 28 gegeben.

Berechnung Kesselleistung

Projekt: Kita Voltmerstraße in Hannover
Projekt-Nr.: 1212
Datum: 26.11.2012

Heizlast: 19261 Watt Auslegungsfaktor: 100 % = 19261 Watt

RLT-Anlage Kita:

Luftmenge:	4330 m ³ /h
Temperatureintritt in WRG:	-14 °C
Temperaturaustritt aus WRG:	15 °C
Temperatureintritt in Heizregister:	15 °C
T-Austritt bis Raum-T im Heizregister:	20 °C
Temperaturdifferenz im Heizregister:	5 °C
Enthalpie aus HX-Diagramm:	5 KJ/kg

Heizregisterleistung: 7217 Watt Auslegungsfaktor: 100 % = 7217 Watt

RLT-Anlage Küche:

Luftmenge:	2300 m ³ /h
Temperatureintritt in Heizregister:	-14 °C
T-Austritt bis Raum-T im Heizregister:	20 °C
Temperaturdifferenz im Heizregister:	34 °C
Enthalpie aus HX-Diagramm:	32 KJ/kg

Heizregisterleistung: 24533 Watt Auslegungsfaktor: 70 % = 17173 Watt

Warmwasserbereitung:

Speicherinhalt:	500 Liter
Kaltwassertemperatur:	10 °C
Bevorratungstemperatur:	60 °C
Vorlauftemperatur:	70 °C
Leistungskennzahl:	8,4

Erforderliche Leistung: 38000 Watt Auslegungsfaktor: 40 % = 15200 Watt

Kesselleistung: 58851 Watt

Gewählter Kessel: Fabr.: Viessmann Typ: Vitodens 200-W 60000 Watt

VIESSMANN **VITODENS 200-W**

Gas-Brennwertkessel
12,0 bis 150,0 kW
als Mehrkesselanlage bis 800,0 kW

Datenblatt

Best.-Nr. und Preise: siehe Preisliste



Abbildung 28 beispielhafte Dokumentation Parameter "Art der Wärmeeerzeugung" in der Planungsphase - Alternative

6.3.2 Überprüfung Parameter „maximaler Volumenstrom Zuluft“ – Planung

	Planung Lüftung – 33 Zuluftkanalnetz - max. Volumenstrom		
	Sollwert 4.330 m ³ /h	Istwert 4.330 m ³ /h	
	• Import SolarComputer	• Ausschnitt Datenblatt Lüftungsanlage	

Die Dokumentation des Istwertes wird nach aktuellem Planungsstand in die Checkliste eingetragen. In Abbildung 29 ist ein Ausschnitt des Datenblatts der Lüftungsanlage dargestellt, der maximale Volumenstrom der Zuluft ist rot eingrahmt. Der aktuelle Planungsstand wird durch das Datenblatt beschrieben, die Dokumentation ist für diesen Parameter hinreichend genau.

AL-KO THERM GMBH					
Hauptstrasse 248-250 D-89343 Jettingen-Scheppach Hermann Hübner /			Tel.: +49 8225/39-0 Fax: +49 8225/39-2113 Tel.:N/A		
Datenblatt		© AL-KO THERM		KlimaSoft Ver. 2.53 Seite: 1	
Projekt:	111622 - P123172	Pos.:	6	Angebot	
Auftr.-Nr.:		LV-Pos.:	1.01	Druck-Datum	
Proj.-Bez.:	Kita Volmerstr.	Bearb.-Datum		21.08.2012	
Gerät:	Kita Rotor - 1	Bearbeiter:	Hermann Hübner		
Typ:	AT4 16x8 / 16x8 - Innenraum	Stück:	1		
Hinweis: Alle Angaben beziehen sich auf Normbedingungen für Luft - Dichte = 1.2 kg/m ³					
Gerätedaten	Zuluft		Abluft		
	Soll	Ist	Soll	Ist	
	4.330	4.330 m ³ /h	4.075	4.075 m ³ /h	
	400	400 Pa	400	400 Pa	
	282	282 Pa	314	314 Pa	
Luftstrom				1,6 m/s	1,5 m/s
Externer Druck					
Interner Druck					
Luftgeschwindigkeit					
Eurovent Energieeffizienzklasse					A
RLT-Energieeffizienzklasse					A+

Abbildung 29 beispielhafte Dokumentation Parameter "maximaler Volumenstrom Zuluft" in der Planungsphase

6.3.3 Überprüfung Parameter „Außenwand“ – Errichtung

	Errichtung Baukörper / Gebäudehülle – 3 Dämmstandard Außenwand		
	Sollwert 32,0 cm	Istwert 32,0 cm	
	<ul style="list-style-type: none"> • Import SolarComputer • Berechnung U-Wert • Schichtfolge und –dicke mit Qualitäten 	<ul style="list-style-type: none"> • Foto Einbausituation • Foto Dämmstärke, vermaßt • Foto Typenschild Dämmung, lesbar 	

Für den Parameter „Außenwand“ wird die Angabe aus dem EnEV-Nachweis in die Checklisten eingetragen bzw. importiert. Bei mehreren Wandaufbauten ist das Bauteil mit der größten Fläche anzugeben. Des Weiteren wird die Berechnung des U-Wertes mit Angabe der Schichtenfolge und –dicken benötigt (vgl. Abbildung 30), da die Dokumentation sich auf die Erfassung der umgesetzten Qualität der Dämmung beschränkt.

Bauteil: AW02 AW an AL Beton/WD 25/32								
Innerer Wärmeübergangswiderstand (Rsi): 0.130 m ² K/W Äußerer Wärmeübergangswiderstand (Rse): 0.040 m ² K/W								
Temperatur auf der Innenseite des Bauteils: 20.0 °C Temperatur auf der Außenseite des Bauteils: -10.0 °C								
1	2	3	4	5	6	7	8	
lfd. Nr. der Baustoffschicht	Bezeichnung der Baustoffschicht	Schichtart	Dicke der Baustoffschicht	Wärmeleitfähigkeit der Baustoffschicht	Dichte der Baustoffschicht	Temperatur der Baustoffschicht innen / außen	Wärmedurchlaßwiderstand der Baustoffschicht	
			m	W/mK	kg/m ³	°C	m ² K/W	
1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulische		0.0150	1.000	1800	19.6 / 19.5	0.015	
2	Normalbeton nach DIN EN 206		0.2500	2.100	2400	19.5 / 19.2	0.119	
3	Polystyrol(PS)-Hartschaum nach DIN 18164 Teil 1 (0.3200	0.035	30	19.2 / -9.9	9.143	
				Flächengewicht:	637 kg/m ²			
				Bauteildicke:	0.5850 m			
				R-Wert Schichtaufbau:	9.277 m ² K/W			
				R-Wert:	9.447 m ² K/W			
				U-Wert (ISO 6946):	0.106 W/m ² K			
dU	0.00 W/m ² K	dUf	0.00 W/m ² K	dU	0.00 W/m ² K	Korrigierter U-Wert:	0.106 W/m ² K	

Abbildung 30 beispielhafte U-Wert-Berechnung mit beschriebenen Schichten

Für die Dokumentation des Parameters „Außenwand“ bei einem Vor-Ort-Termin ist zunächst die Totale des Bauteils zu erfassen, dies ermöglicht eine eindeutige Zuordnung. Anschließend wird die Dämmstärke der Außenwand aufgenommen. Ein an die Dämmung angehaltener Zollstock mit ablesbarer Skala genügt zur Dokumentation. Zum Nachweis der verwendeten Dämmqualität ist ein Foto des Übereinstimmungszertifikates mit ablesbarer Wärmeleitgruppe ausreichend. Idealerweise zeigt das Bild der Totalen die betrachtete Außenwand in halbfertigen Dämmzustand wie beispielhaft in Abbildung 31 dargestellt. Die vorgefundenen Werte werden abschließend in die Checkliste eingetragen und die Nachweisfotos in das Ticket hochgeladen.

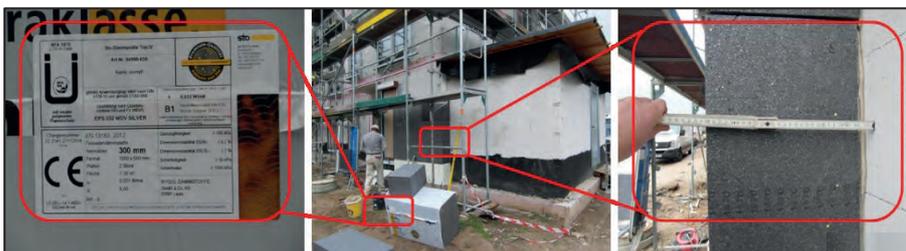


Abbildung 31 beispielhafte Dokumentation des Parameters Außenwand“

6.3.4 Überprüfung Parameter „Leistung Wärmeerzeuger“ - Errichtung

	Errichtung Heizung – 13 Wärmeleistung		
	Sollwert 98,0 kW	Istwert 98,0 kW	
	<ul style="list-style-type: none"> • Import SolarComputer 	<ul style="list-style-type: none"> • Foto Einbausituation • Foto Typenschild, lesbar 	

Die Dokumentation bei einem Begehungstermin erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird der Wärmeerzeuger im Raum so erfasst, dass eine nachträgliche Zuordnung möglich ist. Anschließend wird das Typenschild des Wärmeerzeugers in der Form dokumentiert, dass der Leistungsbereich erkennbar ist. Beispielhaft ist dies in Abbildung 32 dargestellt. Abschließend werden die vorgefundenen Werte in die Checkliste eingetragen und die Fotos in das Ticket hochgeladen.

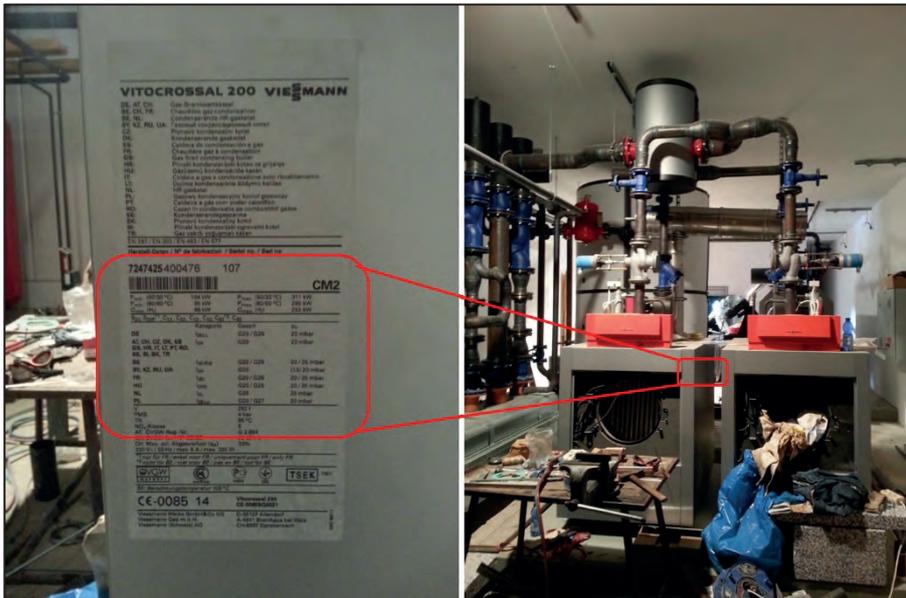


Abbildung 32 beispielhafte Dokumentation des Parameters "Leistung Wärmeerzeuger"

Für den Fall, dass kein Typenschild vorgefunden wird, ist das Modell des Wärmeerzeugers lesbar zu dokumentieren. Anschließend ist das entsprechende Produktdatenblatt des Modells durch Internetrecherche oder Nachfrage bei dem Hersteller zu ergänzen.

6.3.5 Überprüfung Parameter „Betriebszeiten Heizung“ – Betrieb

	Betrieb Heizung – 14 Betriebszeiten		
	Sollwert	Istwert	
	Mo- Fr 05:00 – 18:00	Mo – Fr 07:00 – 23:00	
	• Import SolarComputer	• Foto Einbausituation • Foto Regelung (DDC-Bildschirm)	

Für die Dokumentation des Parameters „Betriebszeiten Heizung“ wird der Standardwert gemäß DIN V 18599-10 der größten Nutzungszone in die Checkliste eingetragen / importiert. Beispielhaft ist dies in Abbildung 33 für die Nutzungszone „Einzelbüro“ dargestellt.

— Vornorm — DIN V 18599-10:2011-12

Tabelle A.1 — Nutzung Einzelbüro

Einzelbüro		Nr. 1	
Nutzungszeiten		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	7:00	18:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	250	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	2543	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	207	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	5:00	18:00
jährliche Betriebsstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	250	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	5:00	18:00

Abbildung 33 Auszug aus der Nutzungszone "Einzelbüro" nach DIN V 18599

Die Dokumentation bei einem Begehungstermin erfolgt über die Erfassung der Anlagenregelung (vgl. Abbildung 34). Zur Dokumentation ist ein Foto des DDC-Bildschirms (DDC-Direct Digital Control) der jeweiligen Anlage notwendig. Darauf sollten die allgemeinen Betriebszeiten und abweichende Regelungen wie an Wochenenden und/ oder Ferien ablesbar sein. Es soll hier darauf hingewiesen werden, dass die Standardwerte nach DIN V 18599-10 nur für den EnEV-Nachweis gelten und Änderungen dieser in der späteren Planung und im tatsächlichen Betrieb zulässig sind.

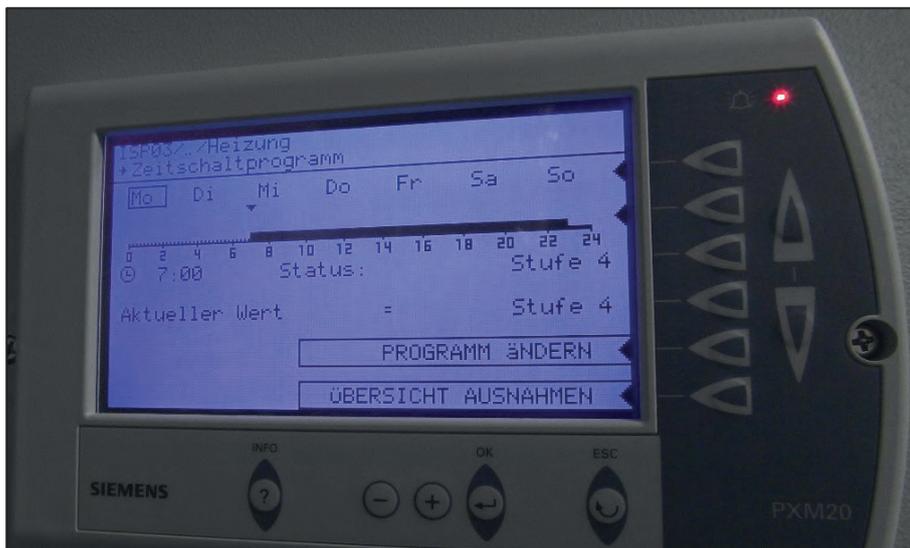


Abbildung 34 beispielhafte Dokumentation des Parameters "Betriebszeiten Heizung"

6.3.6 Überprüfung Parameter „Heizung Systemtemperaturen“ – Betrieb

	Betrieb Heizung – 15 Systemtemperaturen		
	Sollwert 55°C / 45°C	Istwert 55°C / 45°C	
	<ul style="list-style-type: none"> • Import SolarComputer 	<ul style="list-style-type: none"> • Foto Totale • Foto Thermometer • Außentemperatur • Messzeitpunkt 	

Die Erfassung des Parameters „Heizung – 15 Systemtemperaturen“ bei einem Begehungstermin erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird die Verteilung im Heizungsraum so dokumentiert, dass eine nachträgliche Zuordnung möglich ist. Anschließend werden die Thermometer an den Verteilleitungen mit erkennbaren in der Form Temperaturen des Vor- und Rücklaufs dokumentiert. Hierbei ist zu beachten, dass die Anlage während des Heizbetriebs erfasst wird und die Außentemperatur zum Messzeitpunkt aufgenommen wird. Ein Abgleich der Systemtemperaturen zusammen mit der Außentemperatur sowie ggf. dem Messzeitpunkt ermöglichen eine Kontrolle über die Heizkennlinie der Anlage.

Beispielhaft ist dies in Abbildung 35 dargestellt. Abschließend werden die vorgefundenen Werte in die Checkliste eingetragen und die Aufnahmen in das Ticket hochgeladen.



Abbildung 35 beispielhafte Dokumentation des Parameters "Systemtemperaturen Heizung" im Betrieb

Abweichend zu der beschriebenen Dokumentationsform kann der Parameter erfasst werden, indem Messwerte der Anlage während des Betriebs z.B. aus der Gebäudeautomation oder von zusätzlichen Messgeräten zusammen mit den Messzeitpunkten und den dazugehörigen Außentemperaturen aufgenommen werden.



6.4 Bewertungsrahmen des wirtschaftlichen Aufwandes der Qualitätssicherung

Die Durchführung der Integralen Qualitätssicherung wird insbesondere anhand von Vor-Ort-Terminen realisiert. Diese sind mit Aufwand und Kosten verbunden. Für eine wirtschaftliche Betrachtung ist es notwendig, die zur Erfassung aller geforderten Parameter benötigte Zeit zu erfassen.

6.4.1 Methodik der Bewertung

Zur Gewährleistung einer einheitlichen Bewertung wurden die Pilotanwendungen im Projekt durch folgende Schritte standardisiert durchgeführt:

- der Hin- und Rückweg zu den untersuchten Gebäuden wird mit insgesamt eine Stunde Fahrtzeit pro Vor-Ort-Termin berücksichtigt
- die Größe der Baustelle wird beachtet, zurückgelegte Wege auf der Baustelle werden für die einzelnen Parameter pauschal erfasst (Synergieeffekte werden berücksichtigt^{VI})
- die nötige Zeit zum Aufbau von verwendeter Technik wird eingerechnet

Der wirtschaftliche Aufwand setzt sich aus dem angenommenen Stundenlohn eines Qualitätssicherers von 70,00 € pro Stunde (brutto) und der Summe der Zeiten zur Erfassung der einzelnen Parameter zusammen. Dies ermöglicht zum einen eine Aussage über den Kostenanteil der Qualitätssicherung an der Gesamtsumme des jeweiligen Bauvorhabens. Zum anderen kann das Verhältnis zwischen Kostenaufwand der Qualitätssicherung und der Veränderung der Betriebskosten ermittelt werden, falls Abweichungen zwischen den Angaben des EnEV-Nachweises und der Bauausführung vorgefunden werden.

Zur Ermittlung der Veränderung der Betriebskosten werden die EnEV-Nachweise der untersuchten Gebäude nachgeführt. Die Änderung des Endenergiebedarfs der einzelnen Energieträger wird mit den aktuellen Energiepreisen^{VII} verrechnet, eine Berechnung des Amortisierungszeitraums der Qualitätssicherung wird hierdurch ermöglicht. Die Parameter, die nicht überprüft werden können, werden dem jeweiligen EnEV-Nachweis entnommen und nicht verändert.

Die Grundlage des Bewertungssystems für die Checklisten bildet eine Intervallskalierung von dimensionslosen Größen in dem Bereich von „1“ (optimal / einfach) bis „3“ (ungeeignet / aufwendig). Die einzelnen Kriterien des Bewertungssystems umfassen

- den zeitlichen Aufwand,
- den technischen Aufwand,
- den prüfbaren Zeitraum und
- die nötige Fachkompetenz des Prüfers,

um einen für die Qualitätssicherung notwendigen Parameter zu erfassen. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

^{VI} unter Synergieeffekten ist zu verstehen, dass mehrere Parameter gleichzeitig oder in einem einzigen Raum erfasst werden können. Als Beispiel sei hier ein Heizungsraum genannt, Wärmeerzeuger, Systemtemperaturen und die Regelung der Heizungspumpe können im selben Raum erfasst werden. Die angesetzte Zeit für den zurückgelegten Weg ergibt hier keinen Sinn und wird vernachlässigt.

^{VII} Aktuelle Energiepreise:

Strom	25,00 Cent/kWh
Heizöl	5,92 Cent/kWh
Erdgas E	6,26 Cent/kWh
Holzpellets	4,20 Cent/kWh

Der Bewertungsrahmen für den zeitlichen Aufwand zur Prüfung eines Parameters ist in Tabelle 16 dargestellt. Die Kriterien umfassen hierbei einen Rahmen von sehr geringem bis sehr hohen Zeitbedarf. Die Zeitspannen erstrecken sich von wenigen Minuten in Kategorie 1 über den Stundenbereich bis zu einer Tagesleistung und mehr (Kategorie 3), basierend auf dem in Abschnitt 0 erläuterten Verfahren.

Tabelle 16 Bewertungsrahmen des zeitlichen Aufwandes



Bewertung	Kriterium
1	geringer Arbeitszeitbedarf
2	vertretbarer Arbeitszeitbedarf
3	hoher Arbeitszeitbedarf

Die Einteilung für den notwendigen technischen Aufwand zur Dokumentation eines zu untersuchenden Parameters gliedert sich in drei Stufen (siehe Tabelle 17). Der Einsatz von Technik beschreibt den Einsatz von speziellen Geräten, ein Zollstock und ein Fotoapparat sind darunter nicht zu verstehen und werden der Kategorie 1 zugeordnet. Der Einsatz einer Thermografie-Kamera stellt einen mittleren Einsatz von Technik dar, die Verwendung einer Messtür mit Anschluss der Gerätschaften für die Luftdichtheitsprüfung einen hohen. Dies ist dadurch begründet, dass der Einbau der Messeinheit vorgenommen werden muss und noch nicht verschlossene Öffnungen in der Gebäudehülle abgeklebt werden müssen.

Tabelle 17 Bewertungsrahmen des technischen Aufwandes



Bewertung	Kriterium
1	kein Einsatz von Technik
2	mittlerer Einsatz von Technik
3	hoher Einsatz von Technik

Zur Erfassung bestimmter Parameter ist es notwendig, dass der Qualitätssicherer Kenntnisse über die Art der Prüfung besitzt. Der Bewertungsrahmen für die Fachkompetenz des Qualitätssicherers besteht aus drei Kategorien, welche einen bestimmten Kenntnisstand abbilden (siehe Tabelle 18). Die Überprüfung der Dämmstärke von Außenwänden stellt eine einfache Thematik dar, Fachkenntnisse sind nicht notwendig, Grundkenntnisse sind bei der Überprüfung des hydraulischen Abgleichs nötig. Die Kontrolle der spezifischen Ventilatorleistung einer Lüftungsanlage hingegen erfordert weitreichende Kenntnisse in den Bereichen Lüftungstechnik und Durchführung der Messung.

Tabelle 18 Bewertungsrahmen der nötigen Fachkompetenz des Prüfers



Bewertung	Kriterium
1	einfache Thematik, keine Kenntnisse nötig
2	Grundkenntnisse nötig
3	weitreichende Kenntnisse nötig

Eine weitere Größe des Bewertungssystems stellt der prüfbare Zeitraum der Parameter dar, da ein Teil der zu überprüfenden Parameter im Verlauf des Bauprozesses eingebaut werden und nachträglich nicht mehr überprüft werden können. Der Bewertungsrahmen dieser Größe ist in Tabelle 19 dargestellt. Beispielhaft ist die Kontrolle der Dämmstärke der Bodenplatte zeitlich stark eingeschränkt^{VIII}, die Kontrolle der Wärmeerzeugung der Heizung ist ab Einbau der Technik nicht eingeschränkt.

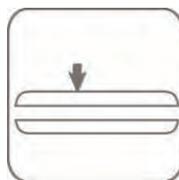
Tabelle 19 Bewertungsrahmen des prüfbaren Zeitraumes der Parameter



Bewertung	Kriterium
1	nicht eingeschränkt
2	eingeschränkt
3	stark eingeschränkt

Die abschließende Einflussgröße auf das Bewertungssystem stellt der energetische Einfluss der Parameter auf den Endenergiebedarf des Gebäudes dar. Die Bewertung dieser Größe erfolgt auf der in Abschnitt 4.3 genannten Arbeit von Mühlbach. Die Einteilung erfolgt analog zu der Studie in 5 Abstufungen (vgl. Tabelle 20). Parameter, die in der Studie nicht bearbeitet wurden, werden nach demselben Verfahren ermittelt und ergänzt.

Tabelle 20 Bewertungsrahmen des energetischen Einflusses der Parameter (basierend auf den Ergebnissen der Studienarbeit von MÜHLBACH)



Bewertung	Kriterium
1	sehr geringer bis kein Einfluss
2	geringer Einfluss
3	mäßiger Einfluss
4	hoher Einfluss
5	sehr hoher Einfluss

In Tabelle 21 wird beispielhaft die Darstellung der Bewertung in der Bewertungsmatrix für die Parameter der Beleuchtung aufgezeigt. In der ersten Spalte sind die einzelnen Parameter aufgetragen, in der ersten Zeile die beschriebenen Bewertungskriterien (jeweils farbig hinterlegt). In die leeren, weiß hinterlegten Felder werden die bei den Begehungen festgestellten Kategorien der Bewertungskriterien eingetragen. Eine Ausnahme bildet die sechste Spalte, hier werden die Kategorien nach MÜHLBACH eingetragen.

^{VIII} Nach Herstellen der Bodenplatte bzw. Verfüllen der Baugrube ist die Dämmung verbaut und nicht mehr einsehbar

Tabelle 21 beispielhafte Darstellung der Bewertungskriterien der Beleuchtungsparameter in der Bewertungsmatrix

Parameter						Kommentar
Beleuchtung						
Beleuchtungsart						
Lampentyp						
Vorschaltgerät						
Beleuchtungskontrolle präsenzabhängig						
Beleuchtungskontrolle tageslichtabhängig						

Die Bewertung der Checklisten erfolgt auf Basis der Darstellung einer Portfolio-Analyse (siehe Abbildung 36). Hierfür ist die Einflussstärke der einzelnen Parameter auf den Endenergiebedarf über den nötigen Aufwand der Ermittlung dieser aufgetragen. Der nötige Aufwand zur Ermittlung wird aus dem Mittelwert der einzelnen Bewertungskriterien^{IX} bestimmt.

Das Diagramm ist in drei Bereiche aufgeteilt. Der **Bereich A** bildet den Bereich der Überprüfung ab, in dem die erfassten Parameter eine hohe energetische Einflussstärke bei geringem Aufwand zur Ermittlung vorweisen. Diese Parameter sind als optimal hinsichtlich ihrer Praktikabilität einzustufen und sollen als Teil der Qualitätssicherung erhalten bleiben. Der mittlere **Bereich B** des Diagrammes beinhaltet die Parameter mit einer mäßigen Einflussstärke auf den Endenergiebedarf bei einem mittleren nötigen Aufwand zur Erfassung. Hierbei werden ebenfalls die extremsten Parameter erfasst, jene mit einem niedrigen Einfluss auf den Endenergiebedarf bei gleichzeitigem niedrigem Aufwand zur Erfassung und einem hohen energetischen Einfluss bei hohem Aufwand. Die Parameter, die dem Bereich B zuzuordnen sind, weisen hinsichtlich ihrer Praktikabilität ein akzeptables Verhältnis auf, ein Erhalten dieser Parameter in den Checklisten ist sinnvoll. Der dritte Bereich des Diagrammes, **Bereich C**, beinhaltet die Parameter, die bei einem hohen Ermittlungsaufwand einen geringen Einfluss auf den Endenergiebedarf aufweisen. Diese Parameter sind als nicht praktikabel einzustufen und sollten aus Optimierungsgründen in den Checklisten keine Berücksichtigung mehr finden.

^{IX} Die Bewertungskriterien sind der zeitlicher und technischer Aufwand, die notwendigen Kenntnisse und der prüfbarer Zeitraum (vgl. Kapitel 6.4.1)

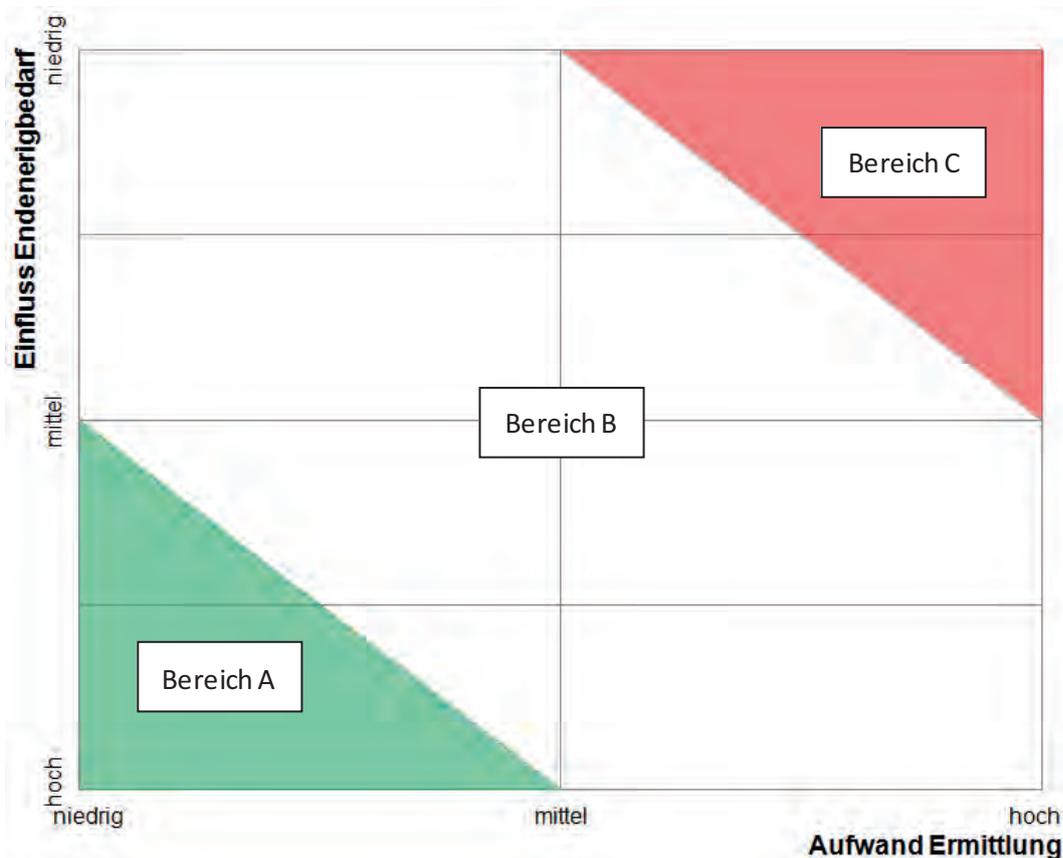


Abbildung 36 Darstellung der Ergebnisse für die Optimierung der Checklisten

6.4.2 Ergebnisse Praktikabilität (nach Gewerk)

Die Praktikabilität der Parameter der **Gebäudehülle** ist in Abbildung 37 dargestellt. Der zeitliche und technische Aufwand zur Dokumentation der einzelnen Attribute ist für dieses Gewerk eher gering, die Luftdichtheitsprüfung weist als einziges Kriterium einen hohen zeitlichen und technischen Aufwand auf. Die notwendigen Kenntnisse des Prüfenden sind ebenfalls auf Grund der einfachen Thematik der Parameter als gering eingestuft, für die Prüfung der Luftdichtheit sind weitreichende Kenntnisse notwendig. Die Attribute weisen in Bezug auf den prüfbaren Zeitraum eine größere Varianz auf. Die Parameter, welche in der fünften Begehung dokumentiert werden, sind bedingt durch den im Bauverlauf späten Einbauzeitpunkt stark eingeschränkt. Dies ist ebenfalls für die Parameter der Bodenplatte und des Dachs auf Grund des Einbaus dieser zutreffend.

Es ist zu erkennen, dass ein Großteil der Parameter einen niedrigen bis mittleren Aufwand zur Ermittlung bei einer gleichzeitigen geringen bis mittleren Einflussstärke auf den Endenergiebedarf aufweist (Kategorie B), einzig der Parameter „Energiebezugsfläche“ ist der Kategorie A zuzuordnen. Der Parameter der Luftdichtheit weist Auffälligkeiten hinsichtlich der Praktikabilität auf, ist auf Grund des hohen energetischen Einflusses in Verbindung mit einem hohen Erfassungsaufwand jedoch noch praktikabel.

Die Dokumentation und Bewertung des Sonnenschutzes und des g-Wertes als wichtige Parameter für den sommerlichen Wärmeschutz ist ohne großen Aufwand. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass für ein aktiv gekühltes Gebäude ungleich weitreichendere Kenntnisse notwendig wären bei hohem energetischem Einfluss.

Parameter					
Baukörper / Gebäudehülle					
1 Gebäudenutzfläche					
2 Luftdichtheit					
3 Dämmstandard - Außenwand					
4 Dämmstandard - Dach/oberste Geschossdecke					
5 Dämmstandard - Bodenplatte/Kellerdecke					
6 Fenster - g-Wert					
7 Fenster - U-Wert					
8 Sonnenschutz - Typ					
9 Sonnenschutz - Aktivierung					
10 Sonnenschutz - Art					
11 Sonnenschutz - Sonnen- / Blendschutz					

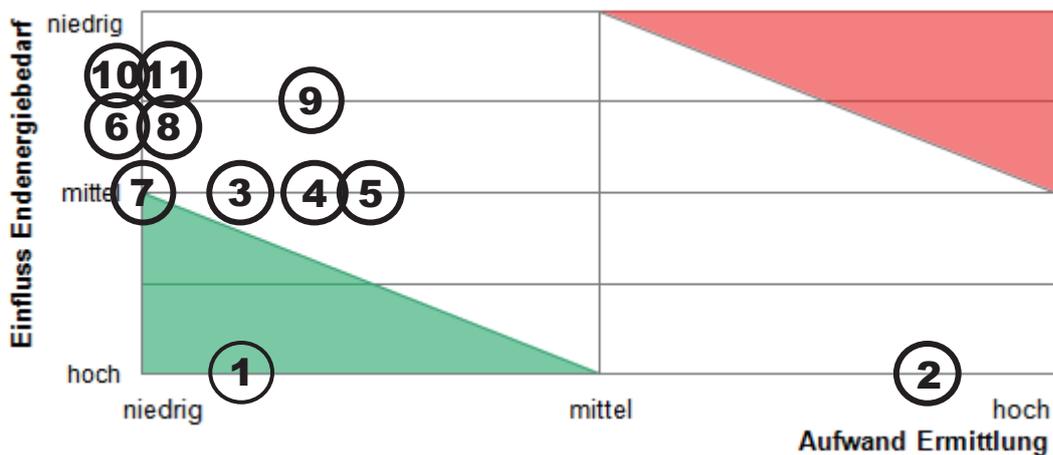


Abbildung 37 Bewertungsmatrix und Optimierung Checkliste "Gebäudehülle / Baukörper"

Analog zu den Parametern der Gebäudehülle weisen die Kriterien der **Heizung** einen geringen zeitlichen und technischen Aufwand auf (vgl. Abbildung 38). Die Attribute der Heizung bilden eine technische Anlage ab, sodass Grundkenntnisse der Thematik bei dem Prüfer notwendig sind. Die Bewertung der notwendigen Kenntnisse für die Ermittlung der Parameter wurde auf Grund dessen der Kategorie 2 zugeordnet. Die Dokumentation der Dämmstärke, der Verteilung und des Übergabesystems bilden hiervon eine Ausnahme, für die Feststellung dieser Attribute sind geringe Kenntnisse notwendig. Der prüfbare Zeitraum der Parameter ist vorwiegend eingeschränkt, die Bestimmung der Dämmstärke stark eingeschränkt. Die Verteilungsleitungen werden eingebaut, eine Dokumentation ist nur bis zum Verschließen bzw. Estrich verlegen möglich. Die Einflussstärke der Kriterien auf den Endenergiebedarf stellt sich bei den Systemtemperaturen und der Wärmeerzeugung als mäßig bzw. hoch dar, die übrigen Parameter weisen einen geringen Einfluss auf.

Parameter					
Heizung					
12 Art der Wärmeerzeugung					
13 Wärmeleistung					
14 Betriebszeiten					
15 Systemtemperaturen					
16 Dämmstandard Verteilung					
17 hydraulischer Abgleich					
18 Regelung Heizungspumpe					
19 Übergabesystem					

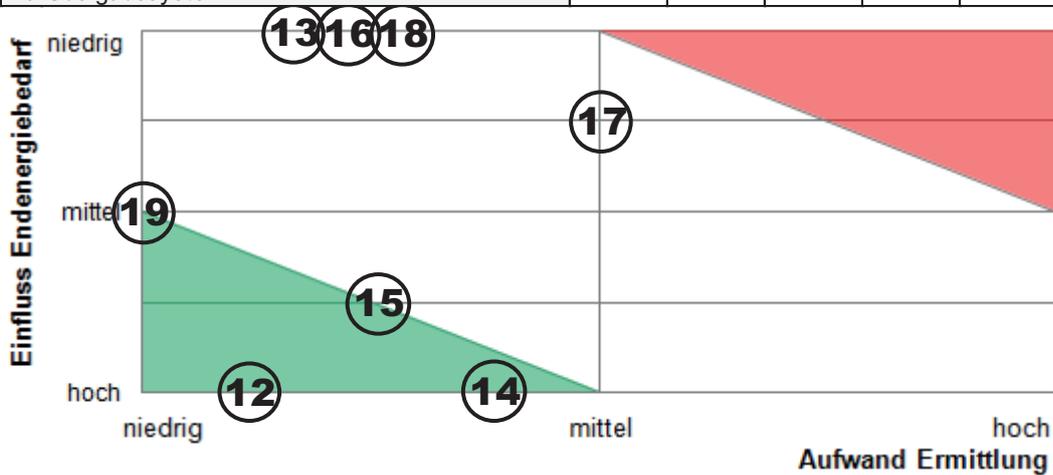


Abbildung 38 Optimierung Checkliste "Heizung"

Die gesamten untersuchten Parameter des Gewerkes „Heizung“ weisen einen niedrigen bis mittleren Aufwand zur Ermittlung auf, die Einflussstärke auf den Endenergiebedarf variiert von gering bis hoch. Hieraus ergibt sich, dass die Parameter „Wärmeerzeuger“, „Betriebszeiten“ und „Systemtemperaturen“ als optimal hinsichtlich ihrer Praktikabilität einzustufen sind, die Restlichen als akzeptabel. Die Dokumentation des hydraulischen Abgleichs weist die geringste Praktikabilität dieses Gewerkes auf. Unter Berücksichtigung der Behaglichkeit ist eine Einregulierung der Heizungsanlage jedoch besonders wichtig, da Über- und Unterversorgungen verschiedener Gebäudeteile Einschränkungen des Raumkomforts zur Folge haben. Ein Verbleib des Parameters in den Checklisten ist somit sinnvoll.

Parameter					
Trinkwarmwasser					
20 Art der Wärmeerzeugung					
21 Wärmeleistung					
22 Leitungslänge Verteilung					
23 Dämmstandard Verteilung					
24 Regelung Zirkulationspumpe					

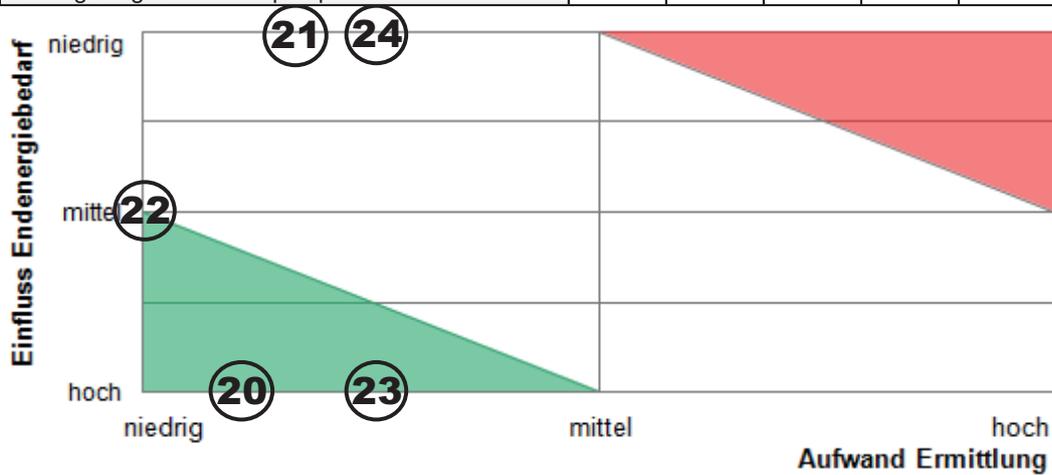


Abbildung 39 dargestellt. Die überprüften Attribute sind in Bezug auf die Bewertungskriterien des zeitlichen und technischen Aufwands, der notwendigen Kenntnisse und des prüfbaren Zeitraums einem geringen Aufwand zuzuordnen. Die Dokumentation des Dämmstandards der Trinkwarmwasserverteilung ist, analog zu dem Dämmstandard der Heizungsverteilung, als einziger Parameter stark eingeschränkt. Der Einfluss auf den Endenergiebedarf ist für die Wärmeerzeugung und den Dämmstandard der Verteilung hoch, für die übrigen Parameter mäßig bzw. gering.

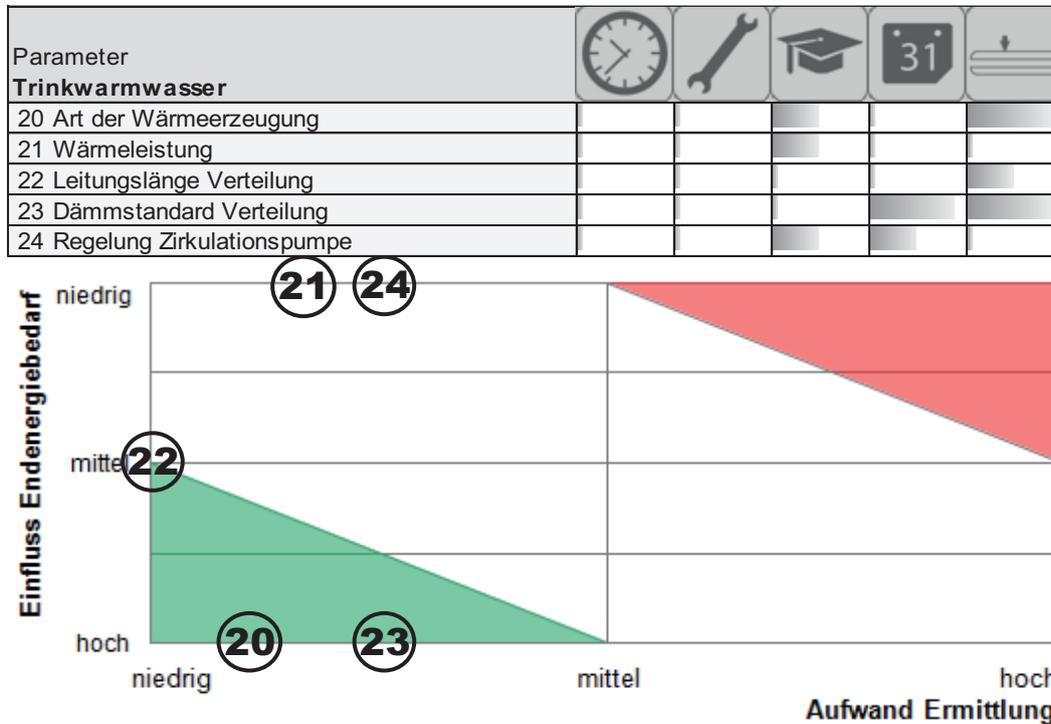


Abbildung 39 Optimierung Checkliste "Trinkwarmwasser"

Hinsichtlich der Praktikabilität sind die untersuchten Parameter der Trinkwarmwassererzeugung als optimal einzustufen. Die Überprüfung der Regelung der Zirkulationspumpe weist ein akzeptables Verhältnis zwischen Ermittlungsaufwand und Einfluss auf den Endenergiebedarf auf. Auffällig bei diesem Parameter ist, dass der Einfluss auf den Endenergiebedarf sehr gering ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in dem Referenzgebäude eine unregelmäßige Zirkulationspumpe vorhanden ist und die Regelung einen scheinbar geringen Einfluss auf den Endenergiebedarf aufweist. Die untersuchten Parameter verbleiben in ihrer Gesamtheit in der Checkliste.

Die dokumentierten Kriterien der **Lüftungsanlage** stellen einen geringen Aufwand bezüglich des zeitlichen und technischen Aufwandes dar (vgl. Abbildung 40). Die notwendigen Kenntnisse des Prüfers sind der Kategorie 2 zugeordnet, es handelt sich bei Lüftungsanlagen um technische Anlagen und Grundkenntnisse in dieser Thematik sind für die Dokumentation der Parameter notwendig. Der Zeitraum zur Dokumentation der Attribute ist aufgrund der späten Fertigstellung der Lüftungstechnik eingeschränkt. Die Ermittlung der Volumenströme ist stark eingeschränkt, da die Messung erst nach Einregulierung der Lüftungsanlage also mit Inbetriebnahme des Gebäudes erfolgen kann. Der energetische Einfluss der Parameter stellt sich als uneinheitlich dar. Die Lüftungsart hat einen sehr geringen energetischen Einfluss, das Wärmerücksystem und die Rückwärmzahl einen geringen. Die Betriebszeiten und die Parameter der Abluft weisen einen mittleren Einfluss auf. Die Parameter der Zuluft und der Anteil des versorgten Bereichs haben einen erhöhten bzw. hohen Einfluss auf den Endenergiebedarf.

Parameter					
Lüftung					
25 Art der mechanischen Lüftung					
26 Art der Anlage					
27 Betriebszeiten					
28 Wärmerückgewinnungssystem					
29 Rückwärmzahl					
30 Art des Befeuchters					
31 Typ des Befeuchters					
32 Zuluftventilator - spez. Ventilatorleistung PSFP					
33 Zuluftkanalnetz - max. Volumenstrom					
34 Abluftventilator - spez. Ventilatorleistung PSFP					
35 Abluftkanalnetz - max. Volumenstrom					
36 Anteil versorgter Bereich					

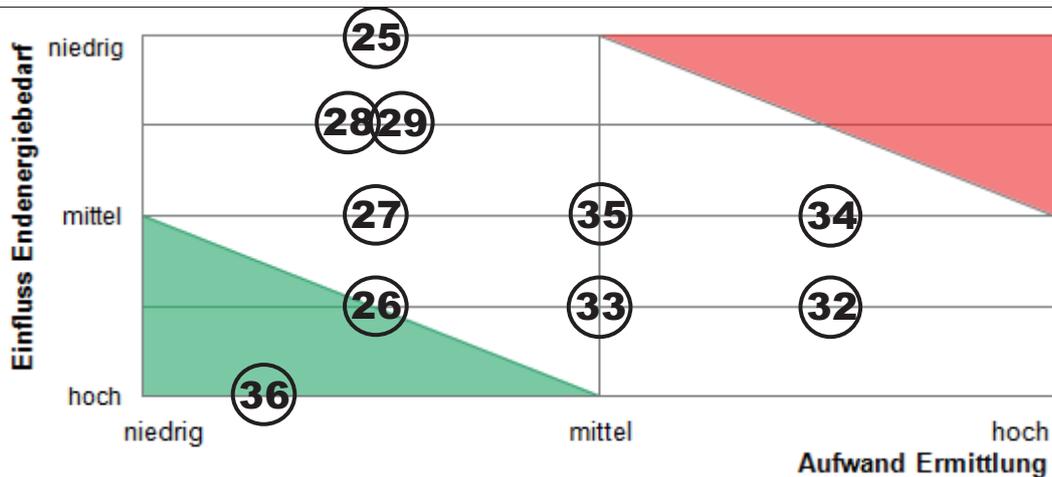


Abbildung 40 Optimierung Checkliste "Lüftung"

Die Attribute der **Beleuchtung** weisen hinsichtlich des zeitlichen und technischen Aufwandes einen geringen Erfassungsaufwand auf (siehe Abbildung 41). Hinsichtlich der notwendigen Kenntnisse sind Grundkenntnisse bei allen Parametern dieses Gewerks nötig. Die Elektroinstallation findet im Endstadium der Bauphase statt, die Parameter sind dementsprechend stark eingeschränkt und der Kategorie 3 zugeordnet.

Die Praktikabilität der untersuchten Parameter für das Gewerk „Beleuchtung“ ist als akzeptabel einzustufen. Der Parameter „Lampentyp“ weist auf Grund der hohen Einflussstärke auf den Endenergiebedarf eine optimale Praktikabilität auf. Eine Optimierung der Checkliste ist nicht nötig.

Parameter					
Beleuchtung					
37 Beleuchtungsart					
38 Lampentyp					
39 Vorschaltgerät					
40 Beleuchtungskontrolle, präsenzabhängig					
41 Beleuchtungskontrolle, tageslichtabhängig					

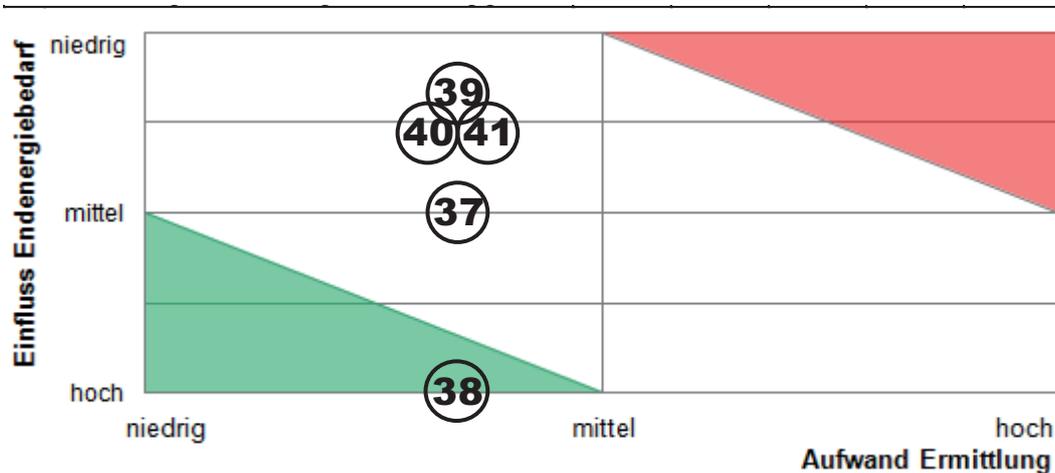


Abbildung 41 Optimierung Checkliste "Beleuchtung"

Insgesamt sind alle überprüften Parameter als praktikabel einzustufen. Auf Grund der geringen Datengrundlage von insgesamt sechs Gebäuden ist zu empfehlen, dass ein größerer Feldtest zur Präzisierung der Aussage sinnvoll ist.

6.5 Fazit zur Praxisanwendung

Das Fazit zur Praxisanwendung unterteilt sich in zwei Abschnitte. Zunächst werden die ermittelten Kosten der Qualitätssicherung diskutiert. Darauf aufbauend werden die Erkenntnisse aus der Erfassung der einzelnen Parameter in den verschiedenen Projektphasen näher erläutert.

Tabelle 22 zeigt eine Übersicht über die notwendigen Kosten der EnEV-konformen Qualitätssicherung mit Bezug zu den untersuchten Gebäuden. Die Kosten setzen sich aus den Personalkosten in Abhängigkeit von der Dauer der Begehungen und den Abschreibungen für die verwendeten Gerätschaften (Blower-Door und Foto-Kamera) zusammen. Die Gesamtkosten der hier durchgeführten Qualitätssicherung reichen von 800 € für ein kleines Wohngebäude (Reihenhaus) über 1.200 bis 1.500 für mittelgroße Nichtwohngebäude (Kindertagesstätte, Familienzentrum, Gedenkstätte, Bürogebäude) bis 2.300 € für ein großes Schulzentrum. In der rechten Spalte sind die spezifischen Kosten für die Qualitätssicherung pro Quadratmeter aufgetragen. Hieraus wird ersichtlich, dass mit zunehmender Gebäudegröße die spezifischen Kosten für die Qualitätssicherung geringer werden, da der Aufwand für das Prüfverfahren nicht proportional zur Gebäudegröße zunimmt.

Tabelle 22 Übersicht der Kosten für die Qualitätssicherung

Objekt	Fläche [m ² _{NGF}]	Personal- kosten [h]	70,00 €/h [€]	Kosten	Gesamtkosten Qualitätssicherung [€]	spezifische Gesamtkosten [€/m ²]
				Geräte / Material [€]		
Wohngebäude	198	10	700	102 €	802 €	4,05
Kindertagesstätte	813	16	1.120	102 €	1.222 €	1,50
Familienzentrum	1.129	16	1.120	102 €	1.222 €	1,08
Gedenkstätte	1.225	16	1.120	102 €	1.222 €	1,00
Bürogebäude	2.160	20	1.400	102 €	1.502 €	0,70
Schule	17.033	32	2.240	102 €	2.342 €	0,14

In Tabelle 23 sind die nach BKI 2013 ermittelten Baukosten der untersuchten Gebäude dargestellt. In Bezug auf die jeweilige Netto-Grundfläche ergeben sich die Baukosten für die untersuchten Gebäude. Der Anteil der Qualitätssicherung an den Baukosten ist auf Basis der Kosten für die Qualitätssicherung in der letzten Spalte dargestellt. Generell ist der Anteil mit unter einem Prozent sehr gering und senkt sich mit Vergrößerung der Netto-Grundfläche stetig ab.

Tabelle 23 Übersicht der Baukosten [nach BKI 2013] und Anteil der Qualitätssicherung an den Baukosten

Objekt	Fläche [m ² _{NGF}]	Baukosten		Gesamtkosten Qualitätssicherung [€]	Anteil der Qualitätssicherung an Baukosten
		[€/m ²]	[€]		
Wohngebäude	198	1.420 €	281.000 €	802 €	0,29%
Kindertagesstätte	813	2.470 €	2.008.000 €	1.222 €	0,06%
Familienzentrum	1.129	2.470 €	2.789.000 €	1.222 €	0,04%
Gedenkstätte	1.225	2.680 €	3.283.000 €	1.222 €	0,04%
Bürogebäude	2.160	3.180 €	6.869.000 €	1.502 €	0,02%
Schule	17.033	2.280 €	38.835.000 €	2.342 €	0,01%

Die Kapitalrentabilität der Qualitätssicherung wird anhand des primären ROI (Return Of Investment) bestimmt. Hierfür werden die Kosten der Qualitätssicherung (s. Tabelle 24) den Betriebskosten-Einsparungen entgegengesetzt. Die Einsparungen basieren auf der Annahme, dass durch die Qualitätssicherung 5 % der Energiekosten für die Wärmebereitstellung eingespart werden können.

Der Stromverbrauch der Gebäude wird nicht variiert, da für die bessere Vergleichbarkeit für sämtliche Gebäude ein Wärmeerzeuger mit dem Energieträger Erdgas angenommen wird und die Leistung der Beleuchtung als relevanter Verbraucher für die jeweiligen Gebäude konstant bleibt.

Tabelle 24 Übersicht der Einsparungen von Betriebskosten auf Grund der Qualitätssicherung

Objekt	Fläche [m ² _{NGF}]	spez. Endenergieverbrauch Heizung / WW [kWh/(m ² _{NGF} · a)]	Preis Erdgas [€/kWh]	Energiekosten [€/a]	Einsparung Betriebskosten [€/a]	Kosten QS [€]	ROI [a]
Wohngebäude	198	80	0,0626	992 €	50 €	802 €	16,2
Kindertagesstätte	813	80	0,0626	4.072 €	204 €	1.222 €	6,0
Familienzentrum	1.129	80	0,0626	5.654 €	283 €	1.222 €	4,3
Gedenkstätte	1.225	80	0,0626	6.135 €	307 €	1.222 €	4,0
Bürogebäude	2.160	80	0,0626	10.817 €	541 €	1.502 €	2,8
Schule	17.033	80	0,0626	85.301 €	4.265 €	2.342 €	0,5

In Abbildung 42 sind die Einsparungen der Betriebskosten durch die Qualitätssicherung und die Kosten der Qualitätssicherung über der Netto-Grundfläche der untersuchten Gebäude dargestellt. Des Weiteren wird der primäre ROI über der NGF abgebildet.

Die Einsparungen steigen linear mit der Gebäudegröße an, die Steigung des Verlaufs der Kostenzunahme wird mit zunehmender Netto-Grundfläche kleiner. Der primäre ROI weist einen hyperbolischen Verlauf auf, je größer das betrachtete Gebäude ist, desto kleiner ist der Break-Even-Point. Bei einer Gewinnschwelle von fünf Jahren, welche als Rückflusszeitraum für eine Qualitätssicherung annehmbar ist, ergibt sich eine notwendige Gebäudegröße von circa 1.000 m².

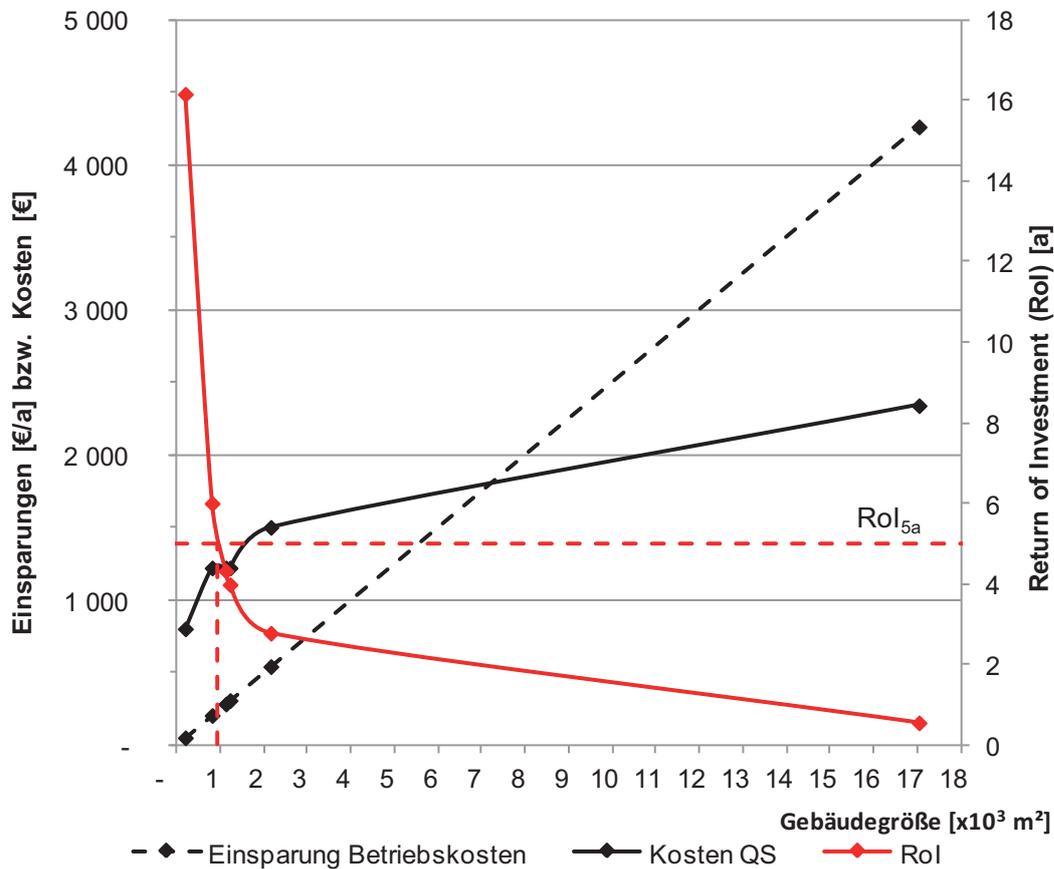


Abbildung 42 Darstellung der Einsparungen und Kosten der Integralen Qualitätssicherung und RoI in Bezug auf die Größe der Bauvorhaben

Im Folgenden werden die Praxisanwendungen in den Phasen der Planung, Errichtung und Betrieb bewertet

Planung:

Die Erfassung der Parameter während der Planung erfolgt vollständig im Büro, sodass hier eine Zeit- und Kostenersparnis vorliegt. Die Aktualisierungen der Planunterlagen, bedingt durch die fortschreitende Planung führen zu wiederholten Prüfungen verschiedener Parameter.



Sind Qualitäten in der Ausführungsplanung nicht ausreichend, kann durch den Fachplaner in dieser Phase vergleichsweise einfach und schnell gegengesteuert werden. Werden Qualitäten, die im EnEV-Nachweis definiert worden sind, in der weiteren Ausführungsplanung nicht eingehalten, kann zum einen die Angleichung des aktuell geplanten Parameters veranlasst werden, um den EnEV-Ausweis auch weiter zu bestehen. Zum anderen ergeben sich aus dem Prozess der Ausführungsplanung zwangsläufig Änderungen und Präzisierungen von Qualitäten. In diesem Fall ist es wichtig, diese in der EnEV-Checkliste zu dokumentieren. Gemäß EnEV ist der Bauherr nach Fertigstellung des Gebäudes verpflichtet, einen nachgeführte EnEV-Ausweis mit Berücksichtigung der verbauten Qualitäten vorzulegen. Diese Nachführung kann und sollte schon mit der Ausführungsplanung beginnen. Das Einhalten der EnEV-Anforderungen mit den geänderten Parametern ggf. begleitend und zumindest abschließend zu prüfen. Die Prüfung einiger Parameter während der Planungsphase stellt sich als aufwendig dar. Werden zum Beispiel für die Luftdichtheit Annahmen getroffen bzw. Vorgaben gegeben, ist in dieser Phase eine Prüfung nur über den Abgleich der konstruktiven Details in Bezug auf die luftdichte Ebene möglich. Bei niedrigen Zielwerten für die Luftdichtheit ist eine solche planungsbegleitende Qualitätsprüfung aber notwendig.

Errichtung:

Für die während der Errichtung erfassten Parameter ist ein Gegensteuern bei einer Nicht-Einhaltung der Qualitäten vom Grundsatz möglich, aber abhängig vom Bauprozess folgeschwer. Der Einbau falscher Materialien z.B. muss gestoppt werden, in der Regel wird ein Rückbau notwendig. Neue Materialien können erst nach Bestellung und Lieferung verbaut werden.

Die zeitlich eingeschränkte Überprüfbarkeit einzelner Parameter führt zu fünf Vor-Ort-Terminen, an denen teilweise nur ein Parameter überprüft werden kann. Eine Verbindung mit einer baulichen bzw. durch einen Fördergeber geforderten Qualitätssicherung kann hier zu Synergieeffekten führen. Aufgrund der wirtschaftlichen Bewertung ist gerade für kleinere Gebäuden zu empfehlen, Prüfdokumentationen, die von anderen Projektbeteiligten zur Erfüllung eigener Dokumentationspflichten erstellt werden, für eine Qualitätsprüfung zu nutzen. Stellt der Bauleiter zum Beispiel seine Fotodokumentation zum Einbau der Bodenplatte zur Verfügung, entfällt ein kompletter Termin der Qualitätssicherung vor Ort. Je nach Vertragssituation ist eine verpflichtende Weitergabe der Fotodokumentation im Leistungsumfang der Beauftragung zu verankern.

Betrieb:

Eine Entkopplung vom Bauprozess findet bei der Überprüfung der Parameter im Betrieb des Gebäudes statt. Für Gebäude, die bereits baubegleitend geprüft worden sind, liegt der Schwerpunkt in der Überprüfung der Anlagenregelung und des hydraulischen Abgleichs, da diese Punkte erst im Anschluss der Fertigstellung einreguliert werden. Auch die Luftdichtheitsprüfung ist erst im fertigen Zustand durchführbar. Anpassungen der Anlagenregelung sind problemlos möglich, eine Erhöhung der Luftdichtheit durch Anpassung des Anpressdruckes der Fenster auch. Bauliche Verbesserungen von konstruktiven Anschlüssen dagegen sind zu diesem Zeitpunkt in der Regel schwer umsetzbar

Kann für ein Gebäude eine EnEV-Qualitätsprüfung erst im Betrieb erfolgen, sind einige Parameter wie zum Beispiel die Dämmqualität der Bodenplatte nicht überprüfbar, da diese während der Errichtung verbaut werden. Des Weiteren sind die Aufbauten der Bauteile nur über die Gesamtdicke des Bauteils und die dazugehörige Detailskizze aus der Ausführungs- bzw. Werkplanung erfassbar. Bei dem Nicht-Einhalten einer Qualitätsanforderung ist eine Nachbesserung nur zum Teil möglich und zumeist mit hohen Kosten verbunden.



7 GESAMTEVALUATION

Die Methodik zur integralen Qualitätssicherung beruht auf einer Konformitätsprüfung der Qualitäten, die in der EnEV-Berechnung bestimmt worden sind und den Qualitäten des erstellten Gebäudes. Mit Checklisten prüft und dokumentiert der Anwender welche Qualitäten in der Realität umgesetzt worden sind. Abweichungen gegenüber den EnEV-Berechnungen werden in der Checkliste dokumentiert und ggf. nachgebessert. Ziel war es, einfache, schnelle praxisnah und letztlich wirtschaftliche Prüfprozesse zu entwickeln, die von allen an einem Bauprojekt Beteiligten genutzt werden können.

Adressaten der entwickelten Methodik sind alle Akteure in der Baupraxis, die Prüf- und Dokumentationspflichten im Zusammenhang mit der EnEV haben, wie Ingenieurbüros, Effizienzexperten/ Berater, Errichter, Qualitätssicherer oder Bauherrn. Dem Qualitätssicherer wird die zentrale Position einer neutralen Kontrollinstanz zuteil, der die Lücke zwischen den Interessen des Fachplaners und denen des Errichters schließt. Der Nutzen des Werkzeuges liegt aus Sicht der Planer und Errichter darin, dass sie ihrer Pflicht gegenüber dem Bauherrn zur prüffähigen Dokumentation fortlaufend über die gesamte Projektlaufzeit nachkommen können. Dazu zählen von Seiten der Qualitätssicherer bzw. der Fachplaner die Bestätigung umgesetzter Gebäudequalitäten z.B. im nachgeführten Energieausweis nach EnEV § 16 und die „Objektüberwachung“ nach HOAI Phase 8 (Überwachen der Ausführung des Objekts auf Konformität mit der Baugenehmigung). Errichter haben ihrerseits nach EnEV § 26a in einer Fachunternehmererklärung, die verbauten Qualitäten zu bestätigen. Dies sollte eine transparente Dokumentation einschließen.

Auch gegenüber Fördergebern hat der Bauherr mit Unterstützung der beauftragten Fachplaner die Qualitätsstandards zu dokumentieren. So ist ein KfW-Sachverständiger verpflichtet, eine Dokumentation der energetischen Fachplanung und Baubegleitung zu erbringen, die den geförderten Standard nachweist. Dem Fördergeber steht mit Anwendung der Methodik eine einheitliche, prüfbare und jederzeit verfügbare Dokumentation zur Verfügung, um die Qualitäten der Förderprojekte zu verbessern.

Die interne Erprobung der Methodik in den verschiedenen Leistungsphasen von nach HOAI realisierten Projekten war erfolgreich, da die beschriebenen Zielsetzungen mit der Maßgabe der Einfachheit, Robustheit und Wirtschaftlichkeit soweit entsprochen wird. Das Ergebnis einer Qualitätssicherung an sechs Pilotgebäuden zeigt, dass die erfassten Parameter in der Regel eine hohe bis mittlere energetische Einflussstärke bei geringem bis mäßigen Aufwand zur Ermittlung und Dokumentation der Qualität vorweisen. Damit kann den ausgewählten EnEV-Prüfparametern hinsichtlich ihrer Praktikabilität ein gutes bis akzeptables Verhältnis unterstellt werden. Die Bewertungsmatrix in Kapitel 6.4 berücksichtigt den zeitlichen, technischen Aufwand, den prüfbaren Zeitraum und die notwendige Fachkompetenz des Prüfers sowie den energetischen Einfluss

Eine effiziente und wirtschaftliche Durchführung der definierten Prüfprozesse ist grundsätzlich für alle Parameter möglich. Die Kosten für die integrale Qualitätssicherung, wie sie im Projekt verfolgt wird, werden anhand der untersuchten Gebäude mit etwa 800 € für kleine Wohngebäude bis über 2.000 € für große Gebäude abgeschätzt. Die Kosten setzen sich wie in Kapitel 6.5 beschrieben in erster Linie aus den Personalkosten in Abhängigkeit von der der Begehungsdauer zusammen. Die spezifischen Kosten pro m² für die Qualitätssicherung werden mit zunehmender Gebäudegröße deutlich geringer, da der Aufwand für das Prüfverfahren nicht in gleichem Maß zunimmt.



Zur Reduzierung der Kosten, ist der Wegfall einzelner Vor-Ort-Termine, wie für die Prüfung der Bodenplatte oder der Dämmstärke der Außenwand, anzustreben. In diesen Fällen sollten die Qualitätsnachweise von Errichter bzw. Fachplaner z.B. aus dem Bautagebuch Verwendung finden. Die Aufnahme von Fotodokumentationen z.B. in der Ausschreibung ist anzustreben. Aus der Methodik ergibt sich, dass bei Nicht-Einhalten einzelner Parameter eine größere Anzahl an Vor-Ort-Termine notwendig ist, um die korrigierten Qualitäten zu dokumentieren. Auch hier wird empfohlen eine verpflichtende Fotodokumentation des Errichters als geschuldete Leistung zu realisieren.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Prüftermine mit den realen Bauprozessen eng und aktuell abgestimmt werden, um unnötigen zeitlichen und finanziellen Aufwand zu vermeiden. Für das notwendige Zeitmanagement gibt die Tabelle 15 eine Struktur vor und muss an den jeweiligen Baufortschritt des Gebäudes angepasst werden. Im Testlauf war für einzelne Parameter eine Prüfung im eingebauten Zustand nicht mehr oder noch nicht möglich.

Im Gesamtergebnis steht ein funktionsfähiger Demonstrator zur Verfügung gestellt, in dem die entwickelte Methodik implementiert ist. Die einheitliche Dokumentations- und Prüfstruktur der EnEV-Online-Checklisten bietet in der baulichen Praxis wesentliche Vorteile:

- Hohe Eingabesicherheit durch klare Vorgaben der Prüfmethodik mit Beispielen und Fachinformationen
- Ermittlung der Sollwerte einfach und schnell direkt aus dem EnEV-Nachweis
- Einheitliche, prüfbare und jederzeit verfügbare Dokumentation von Planung über die Errichtung bis in den Betrieb
- Nachweis der formalen Erfüllung von Dokumentationspflichten von Fachplanern und Errichtern (Energieausweis, Fachunternehmererklärung...)
- Kostengünstige Erschließung wirtschaftlicher und energetischer Energieeinsparpotentiale durch verbessertes Qualitätsmanagement

Das energetische Qualitätsmanagement ist ein wichtiger Ansatz mit hohem Einsparungspotential für die ehrgeizigen Ziele der Klimapolitik. Mit der Novellierung der EnEV 2014 ist auf Seiten des Verordnungsgebers die Prüfung von geplanten und umgesetzten Qualitäten bereits stärker in den Fokus gerückt. Erstmals sind Stichprobenkontrollen für Energieausweise und Inspektionsberichten von Klimaanlagen vorgesehen. Dieser grundsätzlich richtige Lösungsansatz des Verordnungsgebers muss sich in der Praxis beweisen. Fraglich ist, ob sich bei den Beteiligten eine breite Akzeptanz allein aufgrund einer Ankündigung von Stichprobenkontrollen im Promillebereich erreichen lässt. In diesem Zusammenhang greift auch die bisher durch die Prüfer praktizierte Kontrolle der eingegebenen Flächen des Geometriemodells zu kurz, da sie wenig bis keinen Einfluss auf die spätere Qualität des Gebäudes hat. Notwendig scheint es hier schon mit der nach EnEV §16 verpflichtenden Nachführung eines Energieausweises, unter Berücksichtigung der verbauten Qualitäten, zu beginnen. In der Baupraxis wird dieser Nachweis zurzeit sicher nicht zur Zufriedenheit der Verordnungsgebers erbracht. Neben der geringen Kontrollichte ist dafür sicher auch die nicht kostendeckende Bezahlung dieser Ingenieurleistung verantwortlich. Insbesondere bei öffentlichen Gebäuden sollte aber die Einhaltung der geschuldeten Leistungen geprüft werden. Die Oberfinanzdirektionen sind angewiesen die zielgerichtete Verwendung von Steuermitteln nachzuweisen. Die Konformität von Planung und Ausführung ist daher ein elementarer Baustein. Öffentliche Auftraggeber sollten daher bereits bei der Vergabe der Planungsleistungen die Nachführung der Nachweise ausschreiben und berücksichtigen.

Die in diesem Bericht vorgestellten Methodik „IQS 18599“ kann an diesem Punkt ansetzen, indem alle Bauherren verpflichtet werden, der Genehmigungsbehörde nach Fertigstellung des Gebäudes eine prüffähige Dokumentation im Sinne der beschriebenen Methodik einzureichen.



Von Seiten des Verordnungsgebers wird es dafür sinnvoll sein, klare und einheitliche Vorgaben für den Nachweis der geforderten Qualitäten z.B. durch Fotodokumentation der Einbausituation zu geben. Da den kommunalen Genehmigungsbehörden damit eine prüfbare Dokumentation der Qualitäten vorliegt, sind die Möglichkeiten für falsche Angaben und mindere Qualitäten zumindest eingeschränkt. Dabei ist eine durchgängige Prüfung durch die Behörden nicht einmal notwendig, da allein die Abgabe von Nachweisdokumenten bewussten Falschangaben entgegenwirkt und ordnungsrechtlich verfolgt werden kann.

Am Ende könnte dies die EnEV-Stichprobenkontrollen auf ein minimales Maß beschränken. Eine Vor-Ort-Prüfung müsste nur dann vorgenommen werden, wenn die Angaben in der Prüfdokumentation falsch oder unplausibel erscheinen.



8 AUSBLICK

Moderne Gebäude gewinnen ihren Effizienzvorteil aus dem integralen Zusammenwirken aller technischen Teilsysteme. Der Schlüssel für die erfolgreiche und nachhaltige Umsetzung dieser Gebäude wird zukünftig verstärkt in der Qualitätssicherung liegen.

Gründe dafür liegen in der steigenden Komplexität der technischen Anforderungen. In der Praxis wächst damit das Risiko, wesentliche Ziele zur Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, zum Nutzerkomfort sowie zu den Bau- und Betriebskosten über die Gebäudelebensdauer zu verfehlen. Auf dem Weg zu klimaneutralen Gebäuden mit einem optimierten Anteil an regenerativer Energienutzung sind innovative Technologien und neue Konzeptideen gefordert. Das Gebäude als Kraftwerk wird dabei eine tragende Rolle spielen. Neuartige Lösungen zum Energielastmanagement oder zur Vernetzung von Gebäude, Quartier und Mobilität im Smart Grid treten in den Fokus. Die Gebäudeautomation ist gefordert, Regelungsstrategien zu entwickeln, die diese Ziele zuverlässig und effizient gewährleisten. Das Zusammenspiel traditioneller Gewerke wie Heizung und Sanitär mit dieser komplexen Regelungstechnik im kommenden Zeitalter des „Internet of Things“ gilt es zu organisieren. Um diese steigenden Komplexität im Bauwesen zu begegnen, sind höhere Anforderungen an die Qualitäten in Planung, Errichtung und Betrieb notwendig. All diese Aufgaben setzen eine deutliche Intensivierung des Qualitätsmanagements voraus.

Mit der Methodik „IQS 18599“ wird ein möglicher Weg aufgezeigt, wie man eine Qualitätssicherung einfach und effizient umsetzen kann. Über Feldstudien im großen Maßstab ist eine weitere Optimierung der EnEV-Checklisten hinsichtlich Effizienz, Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit anzustreben. Folgende Fragestellungen gilt es beispielsweise auf einer solchen Basis zu klären:

- Wie effizient sind die Methodik und das prototypische Werkzeug in der Anwendung durch Bauherren, Ingenieurbüros, Fördergeber oder Genehmigungsbehörden?
- Bildet die Methodik den notwendigen Prüfprozess richtig und mit ausreichendem Umfang ab?
- Werden Qualitätsdefizite sicher entdeckt?
- Mit welchem Mitteln und welchem zeitlichem Aufwand sind die EnEV-Checklisten auszufüllen und welche Qualifikationen sind erforderlich?
- Inwieweit können vorhandene Prüfdokumentationen der Errichter, Architekten bzw. Fachplaner zur Kosteneinsparung genutzt werden?
- Ist eine zentrale Datenbank von Prüfdokumenten zu Nutzen aller Beteiligten umsetzbar?

Als Ergebnis steht schon jetzt eine praxistaugliche Methodik für die Qualitätssicherung auf Basis der DIN V 18599 zur Verfügung, die mit einem als moderat zu bewertenden Kostenansatz und durch fachkundiges Personal ohne spezielles Expertenwissen sowie mit hoher Robustheit und nachvollziehbarer Transparenz skaliert werden kann. Voraussetzung für den Erfolg der Methodik ist die klare Definition der formalen und technischen Anforderungen sowie deren Prüf- und Dokumentationsprozesse. Ein hohes Maß an Praktikabilität und Effizienz begünstigt die Akzeptanz bei den Akteuren. In diesem Zusammenhang ist der automatische Datenexport der Qualitätsangaben aus der EnEV-Berechnung zu nennen. Die Schnittstelle ist frei verfügbar und kann von Software-Anbietern übernommen werden. Somit werden alle EnEV-Software-Hersteller eingeladen, diese Schnittstelle zum Datenexport aus ihren Produkten anzupassen, um das Qualitätsmanagement auf eine zukunftsfähige Basis zu stellen. Anzustreben ist, dass die Daten des EnEV-Nachweises nicht nur wie bereits umgesetzt exportiert werden, sondern



nach Prüfung der gebauten Qualitäten wieder in die EnEV-Software importiert werden können, um einen nachgeführten EnEV-Nachweis automatisch zu erzeugen.

Zum einen liegt es nun an den Bauherren, insbesondere der öffentlichen Hand, die Herausforderung der Qualitätssicherung anzunehmen und in der Praxis zu realisieren. In der bisherigen Projektstruktur von Bauherr, Fachplaner und Errichter ist eine effektive Qualitätssicherung bisher nicht gegeben, obwohl die Umsetzung und Dokumentation von Qualitäten geschuldete Leistungen der Planer und Errichter sind. Die vertragliche Situation motiviert den Fachplaner beispielsweise wenig zu einer effektiven Qualitätssicherung, da er operativer Teil der Ausführung ist. Es gilt daher mit dem unabhängigen Qualitätssicherer, eine zusätzliche Instanz mit klar definierten Aufgaben- und Verantwortungsbereich zu etablieren.

Zum anderen verfolgen Genehmigungsbehörden und Fördermittelgeber gegenüber dem Bauherren ihrerseits das Interesse, Qualitäten nachweisen zu lassen. Mit Anwendung der Methodik werden sie in die Lage versetzt, aus der Fülle von EnEV-Berechnungen und Fördernachweisen, Informationen und Dokumentationen so zu filtern, dass sie direkt und flächendeckend in Qualitätssicherungsprozesse eingreifen können. Eine Ergänzung der umfangreichen Fördermittel beispielsweise der KfW für den Einsatz energieeffizienter Produkte durch eine strukturierte Förderung einer Qualitätssicherung zur energetischen Systemqualität von Gebäuden könnte diese Umsetzung wirksam unterstützen.

Mit der Etablierung integraler Qualitätssicherungsprozesse in der Breite, ist eine energetische Effizienzverbesserung des deutschen Gebäudebestands zu erwarten, die einen wichtigen und besonders wirtschaftlichen Beitrag zu den klimapolitischen Zielen der Bundesrepublik leisten kann. Die deutsche Bauwirtschaft sowie die deutschen Architekten und Fachplaner können sich nach der Integralen Planung und dem Deutschen Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen auch mit der Integralen Qualitätssicherung international an der Spitze positionieren.

Die Methodik bietet zusätzlich das Potential, unabhängig von konkreten Baumaßnahmen, zur Bewertung der Qualität von Gebäuden und deren Anlagentechnik eingesetzt zu werden. Regelmäßige Kontrollen, wie in der EnEV vorgeschrieben, gewinnen durch das strukturierte Vorgehen an Transparenz und erleichtern es dem Auftraggeber den Aufwand bewerten zu können.

Vielleicht wird eine Abnahme von gebauten Qualitäten durch einen Qualitätssicherer zukünftig so etabliert sein, wie es beispielsweise eine Abnahme der geplanten und gebauten Bewehrung durch einen Prüfstatiker schon seit Jahrzehnten ist.



9 LITERATUR

¹ Greller, M.; Schröder, F; T. Bögelein; Hundt, V. Universelle Energiekennzahlen für Deutschland -Teil 2, Berlin 2010

² Selk, Dieter. Unsere neuen Häuser verbrauchen mehr als sie sollten, Kiel 2010

³ Mansson, L.-G. et alt: IEA Annex 17: Building Energy Management Systems – Evaluation and Emulation Techniques, Coventry 1997

⁴ Fisch, M.F.; Plessner, S; Bremer, C.: EVA – Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude, Abschlussbericht Braunschweig Hannover, Technische Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek, 2007

⁵ ModBen – Endbericht: Modellbasierte Methoden für die Fehlererkennung und Optimierung im Gebäudebetrieb, Fraunhofer ISE, Freiburg Juli 2011

⁶ Baumann, O.: OASE - Optimierung der Automationsfunktionen betriebstechnischer Anlagen mit Hilfe der dynamischen Simulation als Energie-Management-System, Abschlussbericht zum Vorhaben OASE, Förderkennzeichen 0327246D, München 2005

⁷ DIN EN 15239:2007-08: Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen; Deutsche Fassung EN 15239:2007

⁸ DIN SPEC 15240:2013-10: Lüftung von Gebäuden - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Energetische Inspektion von Klimaanlage

⁹ Franzke, U.; Schiller, H. Untersuchungen zum Energieeinsparpotenzial der Raumluftechnik in Deutschland, Dresden 2011

¹⁰ DIN V 18599:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung

¹¹ LINß, G., "Qualitätsmanagement für Ingenieure", Hanser Fachbuchverlag, No. 6, 2011, section 12.5, p. 305.

¹² LINß, G., "Qualitätsmanagement für Ingenieure", Hanser Fachbuchverlag, No. 6, 2011, section 12.5, p. 305.

¹³ HOCHBAUAMT DER STADT FRANKFURT AM MAIN, Abteilung Energiemanagement 65.25., "Checkliste für die Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2012",
[http://www.frankfurt.de/sixcms/detail.php?id=3047&_ffmpar_id_inhalt\]=3333162](http://www.frankfurt.de/sixcms/detail.php?id=3047&_ffmpar_id_inhalt]=3333162)

¹⁴ SCHMIDT, M., "Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2", Universität Stuttgart; Stuttgart, Oktober 2011



¹⁵ Ann-Kristin Mühlbach, Cand. M. Sc; Sensitivitätsanalyse zum Einfluss verschiedener bauphysikalischer, anlagentechnischer und nutzungsspezifischer Parameter aus der DIN V 18599 auf den Energiebedarf“ Studienarbeit TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik; März 2014



Technische
Universität
Braunschweig



—

==



Abschlussbericht – Anhang



Entwicklung einer Methodik zur Integralen Qualitätssicherung über den gesamten Gebäude-Lebenszyklus auf Basis der DIN V 18599

Name der Bearbeiter:

Dr.-Ing. Stefan Plesser
Dipl.-Ing. Lars Altendorf
B.Sc. Marvin Koch
Cand. B. Sc. Ann-Kristin Mühlbach
Dipl. Ing. Arch. Thomas Wilken
Univ. Prof. Dr. Manfred Norbert Fisch

Datum:

31.08.15

1 INHALTSVERZEICHNIS ANHANG

1.1	Qualitätsvorgaben EnEV	3
1.2	Studienarbeit zur Sensitivitätsanalyse	4
1.3	Definition der Prüfprozesse	12
1.3.1	Gebäudehülle	12
1.3.2	Heizung	17
1.3.3	Trinkwarmwasser	25
1.3.4	Lüftung	30
1.3.5	Beleuchtung	37
1.4	Praktische Anwendung in Gebäuden (Planungsphase)	41
1.4.1	Kita Hannover	41
1.4.2	Familienzentrum Hannover	42
1.4.3	Gedenkstätte Ahlem	44
1.5	Praxisanwendung IGS Mühlenberg	46
1.5.1	Gebäudebeschreibung	46
1.5.2	Eingabe task manager - Beleuchtung	47
1.5.3	Eingabe task manager - Lüftung	48
1.5.4	Eingabe task manager - Trinkwarmwasser	50
1.5.5	Eingabe task manager - Heizung	51
1.5.6	Eingabe task manager - Gebäudehülle	53
1.6	Praxisanwendung Sparkasse Wittmund	56
1.6.1	Gebäudebeschreibung	56
1.6.2	Eingabe task manager - Beleuchtung	57
1.6.3	Eingabe task manager - Lüftung	58
1.6.4	Eingabe task manager - Trinkwarmwasser	60
1.6.5	Eingabe task manager - Heizung	61
1.6.6	Eingabe task manager - Gebäudehülle	63
1.7	Interhomes Hannover	65
1.7.1	Gebäudebeschreibung	65
1.7.2	Eingabe task manager - Lüftung	66
1.7.3	Eingabe task manager - Trinkwarmwasser	68
1.7.4	Eingabe task manager - Heizung	69
1.7.5	Eingabe task manager - Gebäudehülle	71

1.1 Qualitätsvorgaben EnEV

Auszüge aus der EnEV 2014

§ 4 Anforderungen an Nichtwohngebäude

Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes ...nicht überschreitet.

(2) Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche...nicht überschritten werden.

§ 11 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität

Außenbauteile dürfen nicht in einer Weise verändert werden, dass die energetische Qualität des

Gebäudes verschlechtert wird. Das Gleiche gilt für Anlagen und Einrichtungen...

(2) Energiebedarfssenkende Einrichtungen in Anlagen ...sind vom Betreiber betriebsbereit zu erhalten und bestimmungsgemäß zu nutzen. Eine Nutzung und Erhaltung ... gilt als gegeben, soweit der Einfluss einer energiebedarfssenkenden Einrichtung auf den Jahres-Primärenergiebedarf durch andere anlagentechnische oder bauliche Maßnahmen ausgeglichen wird.

(3) Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl- und Raumluftechnik sowie der Warmwasserversorgung sind vom Betreiber sachgerecht zu bedienen...

§ 16 Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen

(1) Wird ein Gebäude errichtet, hat der Bauherr/Eigentümer sicherzustellen, dass ihm... ein Energieausweis ... unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertig gestellten Gebäudes ausgestellt und der Energieausweis oder eine Kopie hiervon übergeben wird. Die Ausstellung und die Übergabe müssen unverzüglich nach Fertigstellung des Gebäudes erfolgen... Der Eigentümer hat den Energieausweis der nach Landesrecht zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

§ 26a Private Nachweise

(1) Wer geschäftsmäßig an oder in bestehenden Gebäuden Arbeiten

1. zur Änderung von Außenbauteilen...

2. zur Dämmung oberster Geschossdecken ...

3. zum erstmaligen Einbau oder zur Ersetzung von Heizkesseln und sonstigen Wärmeerzeugersystemen nach § 13, Verteilungseinrichtungen oder Warmwasseranlagen nach § 14 oder Klimaanlageanlagen oder sonstigen Anlagen der Raumluftechnik ...

durchführt, hat dem Eigentümer unverzüglich nach Abschluss der Arbeiten schriftlich zu bestätigen, dass die von ihm geänderten oder eingebauten Bau- oder Anlagenteile den Anforderungen dieser Verordnung entsprechen (Unternehmererklärung).

§ 26d Stichprobenkontrollen von Energieausweisen und Inspektionsberichten über Klimaanlageanlagen

(1) Die zuständige Behörde (Kontrollstelle) unterzieht Inspektionsberichte über Klimaanlageanlagen nach § 12 und Energieausweise nach § 17 ... einer Stichprobenkontrolle.

(2) Die Stichproben müssen jeweils einen statistisch signifikanten Prozentanteil aller in einem Kalenderjahr neu ausgestellten Energieausweise und neu ausgestellten Inspektionsberichte über Klimaanlageanlagen erfassen.

1.2 Studienarbeit zur Sensitivitätsanalyse

Quelle:

Ann-Kristin Mühlbach, Cand. M. Sc

Sensitivitätsanalyse zum Einfluss verschiedener bauphysikalischer, anlagentechnischer und nutzungsspezifischer Parameter aus der DIN V 18599 auf den Energiebedarf“

Studienarbeit TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik; März 2014

Tabelle 4 Baukörper / Gebäudehülle – Einfluss der Parameter

Baukörper / Gebäudehülle		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
<i>REFERENZ: Luftdichtheit n50-Wert: 2.0 h⁻¹, nur Blendschutz, Süden: autom. betriebene Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme</i>					
1.2.1	Luftdichtheit n50-Wert : 1.0 h ⁻¹	H	-12,1%	1	✓
1.2.2	Luftdichtheit n50-Wert : 5.0 h ⁻¹	H	38,3%	1	✓
1.2.3	Luftdichtheit n50-Wert : 10.0 h ⁻¹	H	108,3%	1	✓
1.3.6	Bauteilfläche Fenster (+/-50%)	H B	+0,5 / -1,8% +9,9 / -3,3%	2	✓
1.5.6	U-Wert: Fenster (+/-50%)	H	ca. +/- 25%	1	✓
1.5.3	U-Wert: Außenwand (+/-50%)	H	ca. +/- 10%	1	✓
1.5.1	U-Wert: Dach (+/-50%)	H	ca. +/- 7%	1	✓
1.5.4	U-Wert: Boden (+/-50%)	H	ca. +/- 2,5%	1	✓
1.6	Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung (g-Wert) (+/-50%)	H	ca. +/- 10%	1	✓
1.7	Sonnen- und Blendschutz	H B	+/-0,4% ca. +/- 2%	2	✓!

Tabelle 6 Heizung, Speicherung – Einfluss der Parameter

Heizung - Speicherung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
<i>REFERENZ: kein Speicher</i>					
2.9.2	Speichertyp – indirekt beheizter Speicher	H	0,0%	1	✓
2.9.3	Speichertyp – elektrisch beheizter Speicher	H	+54,3%	1	✓
2.10	Speicherspezifikationen	= Speichertyp		2	✓!
2.11	Aufstellungsort innerhalb therm. Hülle	H	0,0%	2	x
	Aufstellungsort außerhalb therm.Hülle	H	+0,4%		

Tabelle 5 Heizung, Erzeugung – Einfluss der Parameter

Heizung – Erzeugung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
<i>REFERENZ: Brennwertkessel, verbessert , Wärmeleistung 102,7 kW , Aufstellungsort außerhalb der thermischen Hülle</i>					
2.1.2	Luft-Wasser-Wärmepumpe	H	-64,4%	1	✓
2.1.3	Sole-Wasser Wärmepumpe	H	-73,9%	1	✓
2.1.4	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	H	-78,4%	1	✓
2.1.5	Umstell-/Wechselbrandkessel	H	+52,1%	1	✓
2.1.6	Feststoffkessel (fossiler Brennstoff)	H	+2,49%	1	✓
2.1.7	Standardheizkessel	H	+29,4%	1	✓
2.1.8	Niedertemperaturheizkessel	H	+18,8%	1	✓
2.1.9	Brennwertkessel	H	+4,8%	1	✓
2.1.11	Biomasse-Heizkessel	H	+84,9%	1	✓
2.1.12	Nah- und Fernwärme	H	+0,5%	1	✓
2.1.13	Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung	H	-86,2%	1	✓
2.2	Wärmeleistung (+/-50%)	H	0,0% / +4,8%	1	✓
2.4	Aufstellungsort innerhalb der thermischen Hülle	H	+0,5%	e	x
Heizung – Erzeugung - Sonderparameter		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
2.5	Solarthermie – Kollektorart	H WW	ca. -4% ca. -28%	e	✓!
2.6	Solarthermie – Neigung der Kollektorfläche	H WW	ca. -4% ca. -24%	e	✓!
2.7	Solarthermie – Ausrichtung der Kollektorfläche	H WW	ca. -4% ca. -23%	e	✓!
2.8.1	Wärmequelle: Erdreich	H	-73,9%	1	✓
2.8.2	Wärmequelle: Außenluft	H	-64,4%	1	✓
2.8.3	Wärmequelle: Abluft ohne WRG	H	-76,8%	1	✓
2.8.4	Wärmequelle: Abluft mit WRG	H	-56,0%	1	✓
2.8.5	Wärmequelle: Wasser	H	-78,4%	1	✓

Tabelle 7 Heizung, Verteilung – Einfluss der Parameter

Heizung - Verteilung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts- angabe
<i>REFERENZ: Radiatoren (55°C/ 45°C), Dämmung nach 1995, Verlegung im beheizten Bereich, Umwälzpumpe: konst. Druck, Absenkbetrieb, 130W, hydraulischer Abgleich, auf Bedarf ausgelegt</i>					
2.12	Systemtemperaturen:				
	Alte Heizkörper (90°C / 70°C)	H	+0,7%	②	✓!
	Flächenheizung (35°C / 25°C)	H	+1,4%		
2.13	Gesamtleitungslänge der Verteilung (+/-50%)	H	+/- 1,6%	②	✓!
2.14	Dämmstandard der Verteilung	H	ca. -1%	②	✗
2.15	Verlegung im unbeheizten Bereich	H	+0,7%	②	✗
2.16	Regelung der Umwälzpumpe	H	+/-0,2%	②	✗
2.17	Betriebsart der Umwälzpumpe	H	0,0%	②	✗
2.18	Elektr. Leistung der Umwälzpumpe (+/-50%)	H	-0,2% / 0,0%	②	✗
2.19	Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz - nein	H	0,0%	②	✓!
2.20	Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt - nein	H	+0,2%	②	✗

Tabelle 8 Heizung, Übergabe – Einfluss der Parameter

Heizung - Übergabe		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts- angabe
<i>REFERENZ: Freie Heizkörper, Raumhöhe <= 4m , Heizregister in RLT-Anlage , P-Regler (1K)</i>					
2.21	Übergabesystem 1				
2.21.2	freie Heizflächen (Heizkörper), Raumhöhe > 4m	H	0,2%	①	✓
2.21.3	Flächenheizung, mit Wasser beheizt, Raumhöhe <= 4m	H	1,6%	②	✓!
2.21.4	Fußbodenheizung, mit Wasser beheizt, Raumhöhe > 4m	H	-11,7%	②	✓!
2.21.5	Luftheizung mit Induktionsgerät, Raumhöhe <= 4m	H	5,1%	②	✓!
2.21.6	Luftheizung mit Induktionsgerät, Raumhöhe > 4m	H	14,2%	②	✓!
2.21.7	Luftheizung mit Ventilatorkonvektor, Raumhöhe <= 4m	H	5,1%	②	✓!
2.21.8	Luftheizung mit Ventilatorkonvektor, Raumhöhe > 4m	H	14,2%	②	✓!
2.21.9	Warmwasser-Deckenstahlplatte	H	-4,4%	①	✓
2.23	Übergabesystem 2				
2.23.1	Umluftheizung (Induktionsgerät, Vent.-konvektor)	H	0,0%	②	✓!
2.23.2	Heizregister in Lüftungsgerät	H	3,4%	①	✓
2.25	Raumtemperaturregelung				
2.25.1	Ungeregelt, mit zentraler VL-Temp.-Regelung	H	13,5%	①	✓
2.25.2	Führungsraum	H	6,2%	①	✓
2.25.3	P-Regler (2K)	H	1,8%	①	✓
2.25.4	PI-Regler	H	-1,8%	①	✓
2.25.5	PI-Regler mit Optimierungsfunktion	H	-3,5%	①	✓

Tabelle 9 Berechnungsergebnisse – Referenzgebäude

[kWh/m²a]	Heizung	Warmwasser	Beleuchtung	Lüftung	GESAMT
Dezentrales Warmwassersystem					
Nutzenergie	50,10	8,30	21,30	0,00	79,70
Endenergie	56,40	8,30	21,30	9,00	95,00
Zentrales Warmwassersystem					
Nutzenergie	45,30	8,30	21,30	0,00	74,90
Endenergie	51,10	19,00	21,30	9,00	100,40

Tabelle 11 Warmwasser, Speicherung – Einfluss der Parameter

Warmwasser - Speicherung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
<i>REFERENZ: Indirekt beheizter Speicher – keine Spezifikationen, außerhalb therm. Hülle</i>					
3.11.2	Speichertyp – elektrisch beheizter Speicher - keine Spezifikationen	H WW	+0,2% +201,1%	2	✓!
3.11.3	Speichertyp – gasbeheizter TW-Speicher	H WW	+0,8% +210,6%	2	✓!
3.12.2	Indirekt beheizter Speicher-Bivalenter Solarspeicher	H WW	0,0% +0,5%	1	✓
3.12.3	Indirekt beheizter Speicher-Separater Solarspeicher	H WW	-0,6% +1,6%	1	✓
3.12.4	Elektrisch beheizter Speicher - Elektro-Tagspeicher	H WW	+0,2% +201,1%	2	✓!
3.12.5	Elektrisch beheizter Speicher - Elektro-Nachtspeicher	H WW	0,0% +202,1%	2	✓!
3.12.6	Elektrisch beheizter Speicher - bivalenter Solarspeicher mit elektrischer Nachheizung	H WW	0,2% +199,5%	2	✓!
3.13.1	Aufstellungsort innerhalb therm. Hülle	H WW	-0,6% 1,6%	2	x
3.14	Speichervolumen (+/-50%)	H WW	0,0% 0,0%	2	✓!

Tabelle 10 Warmwasser, Erzeugung – Einfluss der Parameter

Warmwasser – Erzeugung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
<i>REFERENZ: Zentrales System - Brennwertkessel, verbessert, außerhalb therm. Hülle</i>					
<i>Dezentrales System - Elektro-Durchlauferhitzer, innerhalb therm. Hülle</i>					
3.2.2	Luft-Wasser-Wärmepumpe	H	-64,6%		✓
		WW	-70,0%		
3.2.3	Sole-Wasser Wärmepumpe	H	-74,2%		✓
		WW	-67,9%		
3.2.4	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	H	-78,5%		✓
		WW	-66,3%		
3.2.5	Umstell-/Wechselbrandkessel	H	+57,5%		✓
		WW	+0,5%		
3.2.6	Feststoffkessel (fossiler Brennstoff)	H	+30,1%		✓
		WW	+0,5%		
3.2.7	Standardheizkessel	H	+29,9%		✓
		WW	+0,5%		
3.2.8	Niedertemperaturheizkessel	H	+19,0%		✓
		WW	+0,5%		
3.2.9	Brennwertkessel	H	+9,0%		✓
		WW	+0,5%		
3.2.11	Biomasse-Heizkessel	H	+85,9%		✓
		WW	+2,6%		
3.2.12	Nah- und Fernwärme	H	+0,8%		✓
		WW	+6,8%		
3.2.13	Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung	H	-89,4%		✓
		WW	-75,8%		
3.2.15	Brennwertkessel	H	-0,5%		✓!
		WW	+9,6%		
3.2.16	Brennwertkessel, verbessert	H	-0,5%		✓!
		WW	+9,6%		
3.2.17	Niedertemperaturheizkessel	H	-0,4%		✓
		WW	+9,6%		
3.3	Wärmeleistung (+/-50%)	H	-0,2% / +5,1%		✓
		WW	0,0% / +1,1%		
3.4	Aufstellungsort	H	Ca. 0,1%		x
		WW	Ca. 1,4%		
Warmwasser – Erzeugung – Sonderparameter		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitätsangabe
3.6.	Nachheizung (Luft-Wasser-Wärmepumpe)	H	-64%		✓
		WW	-70%		
3.7	Solarthermie – Kollektorart	H	0%		✓!
		WW	ca. -44%		
3.8	Solarthermie – Neigung der Kollektorfläche	H	0%		✓!
		WW	ca. -37%		
3.9	Solarthermie – Ausrichtung der Kollektorfläche	H	0%		✓!
		WW	ca. -39%		
3.10.1	Wärmequelle: Erdreich	H	-74,2%		✓
		WW	-67,9%		
3.10.2	Wärmequelle: Außenluft	H	-64,6%		✓
		WW	-70,0%		
3.10.3	Wärmequelle: Abluft ohne WRG	H	-76,9%		✓
		WW	-73,2%		
3.10.4	Wärmequelle: Abluft mit WRG	H	-56,0%		✓
		WW	-67,4%		
3.10.5	Wärmequelle: Kellerluft	H	-1,0%		✓
		WW	-70,5%		
3.10.6	Wärmequelle: Wasser	H	-78,5%		✓
		WW	-66,3%		

Tabelle 12 Warmwasser, Verteilung – Einfluss der Parameter

Warmwasser - Verteilung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts-angabe
<i>REFERENZ: Zirkulationspumpe vorhanden (ungeregelt), gedämmte Leitungen nach 1995, Verlegung im beheizten Bereich</i>					
3.15	Gesamtleitungslänge (+/-50%)	H WW	+/-5,1% +29% / -27%	1	✓
3.16	Dämmstandard Verteilung				
3.16.1	Gedämmte Leitung bis 1980	H WW	-1,8% +9,0%	1	✓
3.16.3	Gedämmte Leitung 1980-1995	H WW	-0,6% +2,1%	1	✓
3.16.4	Ungedämmt	H WW	-14,7% +86,3%	1	✓
3.16.5	Ungedämmt in unged. AW	H WW	-3,7% +38,4%	1	✓
3.16.6	Ungedämmt in ged. AW	H WW	-4,3% +27,9%	1	✓
3.16.7	Ungedämmt in unged. AW (0,4 W/m²K)	H WW	-2,4% +20,0%	1	✓
3.17.2	Verlegung im unbeheizten Bereich	H WW	+1,2% +3,7%	1	✓
3.18.2	Keine Zirkulationspumpe	H WW	+5,3% -28,4%	1	✓
3.19.1	Geregelte Zirkulationspumpe	H WW	-0,6% +2,1%	2	✗
3.12	Leistung der Zirkulationspumpe (+/-50%)	H WW	+/-0% Ca. +1,8%	2	✓!

Tabelle 13 Warmwasser, Übergabe – Einfluss der Parameter

Warmwasser - Übergabe		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts-angabe
3.21	Anteil der versorgten Bereiche 50% Dezentrales System	H	-0,2%	1	✓
		WW	-48,2%		
	Anteil der versorgten Bereiche 0% Dezentrales System	H	-0,18%	1	✓
		WW	-100%		
Anteil der versorgten Bereiche 50% Zentrales System	H	0,0%	1	✓	
	WW	-20,5%			
Anteil der versorgten Bereiche 0% Zentrales System	H	+10,37%	1	✓	
	WW	-100%			

Tabelle 14 Lüftung, Erzeugung – Einfluss der Parameter

Lüftung - Erzeugung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts- angabe
<i>REFERENZ: Zu- und Abluftanlage, WRG 60% (nur Wärme), Plattenwärmeübertrager Kreuz-Gegenstrom, Heizregister vorhanden, kein Kühlregister, kein Befeuchter</i>					
4.2	Art der Anlage (Zuluftanlage / Abluftanlage)	H L	+56%/+58% -40%/-60%	①	✓
4.3.2	Keine Wärmerückgewinnung	H	+55,5%	①	✓
4.4.2	Typ der WRG: Wärme und Feuchte	H	+0,9%	①	✓
4.5	Wärmerückgewinnungssystem				
4.5.1	Plattenwärmeübertrager	H	+8,7%	①	✓
4.5.3	Kreislaufverbund	H	+17,7%	①	✓
	Kompaktwärmeübertrager				
4.5.4	Kreislaufverbund Hochleistungs-Gegenstrom-Wärmeübertrager	H	-8,2%	①	✓
4.5.5	Rotationswärmeübertrager ohne Sorptionsmaterialien	H	-8,0%	②	✓!
4.5.6	Rotationswärmeübertrager mit Sorptionsmaterialien	H	-8,0%	②	✓!
4.6	Rückwärmzahl (0,75 / 0,45)	H	-12%/ +13%	①	✓
4.7	Ohne Heizregister	H	+1,8%	①	✓
4.9	Kühlregister vorhanden	H	+0,9%	①	✓
4.10	Befeuchter vorhanden	H	+0,9%	①	✓
4.11	Typ des Befeuchters (2 Variationen)	H	+0,9%	②	✗
4.12	Art des Befeuchters (4 Variationen)	H	+0,9%	②	✗
4.13	Zuluftventilatorleistung PSFP (+/- 50%)	H L	+/-0% +/-30%	①	✓
4.14	Max. Zuluftvolumenstrom (nur +50% möglich zu berechnen)	H L	+1,6% +30%	②	✓!
4.15	Abluftventilatorleistung PSFP (+/- 50%)	H L	+/-0% +/-20%	①	✓
4.16	Max. Abluftvolumenstrom (+/-50%)	H L	+38,3/-8,9% +/-20%	②	✓!

Tabelle 15 Lüftung, Verteilung – Einfluss der Parameter

Lüftung - Verteilung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts- angabe
<i>REFERENZ: innerhalb der thermischen Hülle</i>					
4.17	Außerhalb der thermischen Hülle	H	+/-0%	②	✗

Tabelle 16 Lüftung, Übergabe – Einfluss der Parameter

Lüftung - Übergabe		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts- angabe
<i>Referenz: Dralldurchlass</i>					
4.18	Lüftungssystem – Luftführung (7 Varianten)	H	0,0%	ⓘ	✘
4.19	Anteil der versorgten Bereiche 50%	H	+3,0%	ⓘ	✓
		L	-50%		
	Anteil der versorgten Bereiche 0%	H	+128,6%	ⓘ	✓
		L	-100%		

Tabelle 17 Beleuchtung – Einfluss der Parameter

Beleuchtung		Bezug	Einfluss Endenergie	Plausibilität	Qualitäts- angabe
<i>Referenz: direkt und indirekt, Leuchtstofflampen stabförmig, elektr. Vorschaltgerät, manuelle Beleuchtungskontrolle (tageslicht- und präsenzabhängig)</i>					
5.1.1	Beleuchtungsart - Direkt	H	+6,0%	ⓘ	✓
		B	-28,6%		
5.1.3	Beleuchtungsart - Indirekt	H	-9,0%	ⓘ	✓

1.3 Definition der Prüfprozesse

1.3.1 Gebäudehülle

Diese Checkliste dient der integralen Qualitätssicherung von Gebäuden auf Basis der EnEV/DIN V 18599. Die Methodik beruht auf dem Vergleich von Qualitäten, die im EnEV-Ausweis als Sollwerte festgelegt worden sind, mit den Istwerten, die sich im Projektverlauf von der Planung über die



Errichtung bis in den Betrieb eines Gebäudes ergeben. Zum Nachweis der umgesetzten Qualitäten werden die relevanten Planungs- und Ausführungsdetails in Form von Fotos, Zertifikaten, Lieferscheinen, Typenschilder oder Plänen dokumentiert. Die jeweiligen Prüfparameter in der Checkliste sind verlinkt mit Erläuterungen des geforderten Prüf- und Dokumentationsumfangs.

- 1. Gebäudehülle
 - 1.1 Energiebezugsfläche
 - 1.2 Luftdichtheit
 - 1.3 Qualitäten Gebäudehülle
 - 1.4 Sonnenschutz

1.1 Energiebezugsfläche (EBF)

Mit der EBF werden absolute Energiebedarfswerte zur Vergleichsmöglichkeit auf die konditionierte Fläche bezogen.

1.1 Energiebezugsfläche (EBF)

Mit der EBF werden absolute Energiebedarfswerte zur Vergleichsmöglichkeit auf die konditionierte Fläche bezogen.

Angabe
Checkliste

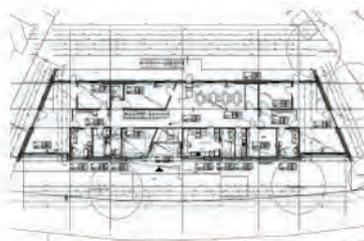
Angabe der Energiebezugsfläche:

- nach EnEV Nachweis
- nach Planungsstand

Hinweis zur
Angabe

- Für Nichtwohngebäude wird auf der Basis Netto-Grundfläche der thermisch konditionierten Zonen (NGF; vgl. DIN 277-2) die Energiebezugsfläche berechnet
- Bei Wohngebäude ist die Nutzfläche A_N anzugeben
- Angaben mit Bezug auf die gesamte Fläche des Gebäudes

Dokumentation Grundrisse, Nachvollziehbare Flächenberechnung



Beispiele: vermaßter Grundriss eines Gebäudes



Berechnung der Energiebezugsfläche (NGF)

1.2 Luftdichtheit

Mit Bestimmung der Luftdichtheit von Gebäuden durch einen Differenzdrucktest (Blower-Door-Test) lassen sich Undichtheiten der Gebäudehülle bewerten. Eine Verbesserung der Luftdichtheit trägt zum Absenken des Energieverbrauchs und zur Steigerung des Raumkomforts bei.

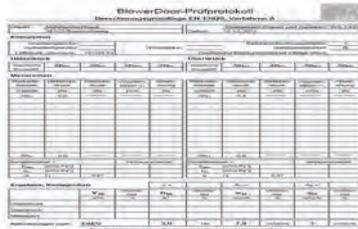
Bitte geben Sie im Prüfticket die Angaben zur Luftdichtheit gemäß folgender Tabelle an:

Angabe	Angabe der Luftdichtheit:
Checkliste	<ul style="list-style-type: none">■ gemäß EnEV Nachweis■ gemäß Istwertes (Messung)

Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Bauteil an.

Hinweis:	<ul style="list-style-type: none">■ Die Durchführung der BlowerDoor-Messung ist nach folgendem Schema durchzuführen: Luftdichtheitsmessung■ Angaben mit Bezug auf die gesamte Fläche des Gebäudes
----------	--

Dokumentation:	Prüfprotokoll der BlowerDoor-Messung mit Ergebnis der Messung (n_{50} -Wert als Mittelwert aus Unter- und Überdruckmessung), Einbausituation der BlowerDoor-Messung
----------------	--



The image shows a sample of a 'Blower Door-Prüfprotokoll' form. It is a structured document with multiple sections for recording test data, including building information, test conditions, and results.

Beispiele: Auszug BlowerDoor-Prüfprotokoll



Einbausituation BlowerDoor Test

Seitenanfang

1.3 Qualitäten Gebäudehülle

Der U-Wert ist die wichtigste Größe zur Bestimmung des Transmissionswärmeverlusts einzelner Bauteile. Der g-Wert beschreibt die Energiedurchlässigkeit von transparenten Bauteilen und ist eine wichtige Größe zur Bewertung solarer Einträge.

Angabe	Angabe der Qualitäten der Gebäudehülle:
Checkliste	<ul style="list-style-type: none">■ gemäß EnEV Nachweis■ gemäß Planungsstandes

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum jeweiligen geprüften Bauteil an.

Hinweis zur Angabe:

- opake Bauteile:
Hinweis: Angaben zu dem jeweiligen Bauteiltyp mit dem größten Flächenanteil am Gesamtgebäude und Beschreibung der Lage.
 - Angabe der Schichtenfolge, Schichtendicke und Wärmeleitgruppen
 - Berechnungen der U-Werte

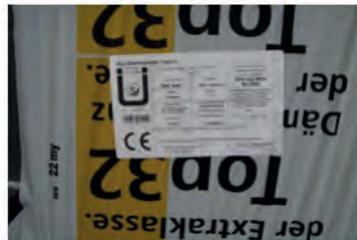
- Fenster:
Hinweis: Angabe der Verglasung mit dem größten Flächenanteil am Gesamtgebäude und Beschreibung der Lage.
 - U-Wert Fenster, Verglasung und Rahmen
 - Angabe Rahmenanteil

Dokumentation: Fotos Einbausituation (Totale, Detail), Typenschilder

Beispiele opake Bauteile:

Bauteil:		ANSPZ ANV an AL BetonWd 25/2	
Gesamter Wärmeübergangskoeffizient (U _g)		0,182 W/m ² K	
Äußerer Wärmeübergangskoeffizient (U _{s,e})		0,040 W/m ² K	
Temperatur auf der Innenseite des Bauteils		20,0 °C	
Temperatur auf der Außenseite des Bauteils		-2,0 °C	
Schichtenfolge		Schichtdicke	
Schichtdicke		Wärmeleitfähigkeit	
1	Polystyrol aus Kl. Kalksinter (DIN 18762)	0,050	0,035
2	Mineralfaser nach DIN EN 1206	0,050	0,040
3	Polystyrol/Lamellenbau nach DIN 18762 Teil 1	0,050	0,035
Führungselement		0,017 W/m ² K	
Rahmenanteil		0,040 W/m ² K	
Rahmenbauart		0,217 W/m ² K	
U-Wert (U _g)		0,182 W/m ² K	
Korrigierter U-Wert		0,182 W/m ² K	

Bauteilaufbau mit Schichtdicken einer Außenwand und U-Wertberechnung



Übereinstimmungszertifikat der Dämmung einer Außenwand



Ansicht der Außenwand während der Dämmarbeiten



Dämmung einer Außenwand mit Vermaßung

Beispiele Fenster:



übersichtliche Ansicht eines betrachteten Fensters



Typenschild eines Fensters mit Angabe der Glasqualitäten (einschließlich g-Wert)



Detailansicht eines Fensters

1.4 Sonnenschutz

Ein Blendschutz verhindert direkte Sonneneinstrahlung in einen Raum. Ein Sonnenschutz wirkt sich zudem positiv auf das Raumklima aus, er verringert die solare Einstrahlung und erschwert so eine Überhitzung des Raumes.

Hinweis zur Angabe Angabe des verwendeten Systems mit dem größten Flächenanteil am Gesamtgebäude und Beschreibung der Lage

■ Auswahl
Checkliste **Angabe des Sonnenschutztyps:**

- kein Sonnenschutz
- feststehender Sonnenschutz
- variabler Sonnenschutz

Angabe der Aktivierung des Sonnenschutzes:

- manuell oder zeitgesteuert
- automatisch in Abhängigkeit der Einstrahlung

- manuell oder zeitgesteuert
- automatisch in Abhängigkeit der Einstrahlung

Angabe der Sonnenschutzart:

(Die im Ticket angegebenen Gradzahlen beziehen sich auf die Stellwinkel der Lamellen)

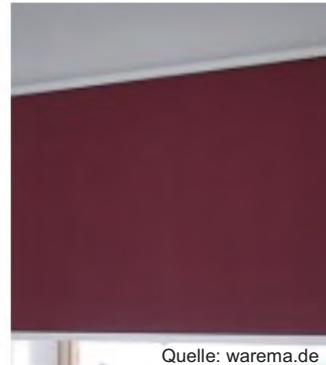
■ Außenjalousie



■ Außenrolläden



■ Textil-Rollo



■ Außenmarkise vertikal



■ Innenjalousie



■ Folie



Angabe des Sonnen- und Blendschutzsystems:
(notwendig für die Tageslichtberechnung)

- nur Blendschutz
- automatisch betriebene Sonnen- und/oder Blendschutzsysteme
- lichtlenkende Systeme



Quelle: warema.de

- kein Sonnen- und/oder Blendschutz

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Sonnenschutz an.

Dokumentation: Foto Einbausituation (Totale, Detail)



Ansicht eines Gebäude mit variablem Sonnenschutz



Detail des Sonnenschutzes: Außenjalousie, 45°, dunkelgrau

Beispiele:

1.3.2 Heizung

Diese Checkliste dient der integralen Qualitätssicherung von Gebäuden auf Basis der EnEV/DIN V 18599. Die Methodik beruht auf dem Vergleich von Qualitäten, die im EnEV-Ausweis als Sollwerte festgelegt worden sind, mit den Istwerten, die sich im Projektverlauf von der Planung über die Errichtung bis in den Betrieb eines Gebäudes ergeben. Zum Nachweis der umgesetzten Qualitäten werden die relevanten Planungs- und Ausführungsdetails in Form von Fotos, Zertifikaten, Lieferscheinen, Typenschilder oder Plänen dokumentiert. Die jeweiligen Prüfparameter in der Checkliste sind verlinkt mit Erläuterungen des geforderten Prüf- und Dokumentationsumfangs.



- 2. Heizungstechnik
 - 2.1 Wärmeerzeugung
 - 2.2 Systemtemperaturen Verteilung
 - 2.3 Dämmstandard Verteilung
 - 2.4 Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz
 - 2.5 Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt
 - 2.6 Übergabesystem

2.1 Wärmeerzeugung

Die Art der Wärmeerzeugung wie Heizkessel, Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung oder Solarthermie ist von grundlegendem Einfluss auf die energetische Bewertung eines Gebäudes.

Die Wärmeleistung gibt den als Wärme nutzbaren Energieanteil an.

Auswahl/ Angabe	Art der Wärmeerzeugung:
Checkliste	<ul style="list-style-type: none">■ Solaranlage■ Außenluft-Wasser-Wärmepumpe■ Abluft-Wasser-Wärmepumpe■ Sole-Wasser-Wärmepumpe (mit Erdsonde)■ Sole-Wasser-Wärmepumpe (mit Erdkollektor)■ Wasser-Wasser-Wärmepumpe■ Umstell-/ Wechselbrandkessel■ Feststoffkessel (fossiler Brennstoff)■ Standard-Gasspezialheizkessel■ Standard-Gebläsekessel■ Standard-Gebläsekessel (Brennertausch)■ Pelletkessel■ Holzhackschnitzelkessel■ Niedertemperatur-Gasspezialheizkessel■ Niedertemperatur-Gebläsekessel■ Niedertemperatur-Gebläsekessel (Brennertausch)■ Umlaufwassererhitzer■ Kombikessel mit Kleinspeicher■ Kombikessel (Durchlauf)■ Brennwertkessel■ Brennwertkessel, verbessert■ Sorptions-Gaswärmepumpe■ Nah- und Fernwärme■ dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (Verbrennungsmotor)■ dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (Sterlingmotor)

Angabe der Wärmeleistung:

- gemäß EnEV-Nachweis
- gemäß Einbausituation

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Wärmeerzeuger an.

Betriebszeiten:

Die Betriebszeiten der Wärmeerzeugung aus dem EnEV-Ausweis sind abhängig von den Nutzungszonen der DIN 18599-10. Die folgende Tabelle listet diese Betriebszeiten auf. Maßgebend ist die größte Nutzungszone des Gebäudes.

Zonennummer	Zonenbezeichnung	Betriebszeit
1	Einzelbüro	05:00-18:00
2	Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)	05:00-18:00
3	Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätzen)	05:00-18:00
4	Besprechung/ Sitzungszimmer/ Seminar	05:00-18:00
5	Schalterhalle	05:00-18:00
6	Einzelhandel/ Kaufhaus	06:00-20:00
7	Einzelhandel/ Kaufhaus(Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten)	06:00-20:00
8	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	06:00-15:00
9	Hörsaal, Auditorium	06:00-18:00
10	Bettzimmer	00:00-24:00
11	Hotelzimmer	00:00-24:00
12	Kantine	06:00-15:00
13	Restaurant	08:00-00:00
14	Küche in Nichtwohngebäuden	08:00-23:00
15	Küche – Vorbereitung, Lager	08:00-23:00
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	05:00-18:00
17	Sonstige Aufenthaltsräume	05:00-18:00
18	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	05:00-18:00
19	Verkehrsfläche	05:00-18:00
20	Lager	05:00-18:00
21	Rechenzentrum	00:00-24:00
22	Gewerbliche und industrielle Hallen – schwere Arbeit	06:00-16:00
23	Gewerbliche und industrielle Hallen – mittelschwere Arbeit	06:00-16:00
24	Gewerbliche und industrielle Hallen – leichte Arbeit	06:00-16:00
25	Zuschauerbereich	17:00-23:00

2.2 Systemtemperaturen Verteilung

Die Systemtemperaturen der Heizkreisverteilung sind abhängig von der Art des Wärmeabgabesystems und den Anforderungen an den Raumkomfort. Um einen ineffizienten Anlagenbetrieb zu vermeiden, ist eine enge Anpassung an den Bedarf notwendig.

Angabe **Angabe der Systemtemperaturen:**
Checkliste (Vorlauf und Rücklauf)

- gemäß EnEV-Nachweis
- gemäß Einbausituation

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben mit Bezug auf die größte Anlage des Gebäudes zum geprüften Wärmeabgabesystems an.

Hinweis zur Angabe Angaben mit Bezug auf die größte Anlage des Gebäudes

Dokumentation Fotos DDC-Bildschirm (Temperaturen Vorlauf/ Rücklauf während Heizperiode)/ ggf. Fotos Thermometer an Verteilungsleitung während Heizperiode



Beispiele: DDC-Bildschirm (Temperaturen Vorlauf/ Rücklauf während Heizperiode)



Thermometer an Verteilungsleitung (mit ablesbaren Vor- und Rücklauftemperaturen)

Seitenanfang

2.3 Dämmstandard Verteilung

Mit Verbesserung des Dämmstandards der Heizkreisverteilung sinken die Wärmeverluste für die Verteilungswege außerhalb der thermischen Hülle.

-
- Auswahl **ungedämmt**
Checkliste
- ungedämmt in ungedämmter Außenwand
 - ungedämmt in gedämmter Außenwand
 - ungedämmt in gedämmter Außenwand (0,4 W/(m²K))
 - gedämmte Leitung bis 1980
 - gedämmte Leitung bis 1980-1995
 - gedämmte Leitung nach 1995

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben mit Bezug auf die größte Fläche des Gebäudes zum geprüften Dämmstandard der Heizkreisverteilung an.

Hinweis zur Angabe Angaben mit Bezug auf die größte Nutzfläche des Gebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale, Detail) mit ablesbaren Werten der Dämmstärke
der Rohrdurchmesser ist nach Möglichkeit über ein Foto zu dokumentieren (alternativ:
Berechnung über Gesamtdicke (Rohr + Dämmung) und Dämmstärke)

Hinweise zur Bewertung der Dämmqualität:

Wird bei Messungen vor Ort die in der nachfolgenden Tabelle angegebene Mindestdicke der Dämmschicht ermittelt, sind folgende Qualitätsvorgaben aus der EnEV-Nachweisberechnung eingehalten:

- gedämmte Leitung 1980 – 1995
- gedämmte Leitung nach 1995

Art der Leitungen		Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf Wärmeleitgruppe von	
Innendurchmesser	Außendurchmesser	0,035 W/(m • K)	0,025 W/(m • K)
bis 22 mm	bis 27 mm (DN 20 oder 3/4")	20 mm	15 mm
über 22 mm bis 35 mm	über 27 mm bis 42 mm (DN 20 bis DN 32 oder 3/4" bis 1 1/4")	30 mm	22 mm
über 35 mm bis 100 mm	über 42 mm bis 114 mm (DN 32 bis DN 100 oder 1 1/4" bis 4")	35 mm bis 100 mm	22 mm bis 72 mm
über 100 mm	über 114 mm (DN 100 oder 4")	100 mm	72 mm

Mindestdämmstärken von Heizungsrohren in Anhängigkeit des Rohrdurchmessers und der Wärmeleitgruppe der Dämmung; gültig für die Punkte "gedämmte Leitung 1980 – 1985" und "gedämmte Leitung nach 1995" (in Anlehnung an EnEV 2009)

Bei einer um die Hälfte reduzierten Mindestdärke der Dämmschicht, ist von folgender Qualität nach EnEV auszugehen:

- gedämmten Leitung vor 1980

Die übrigen Auswahlmöglichkeiten sind entsprechend ihrer textlichen Beschreibung zu wählen.

- ungedämmt
- ungedämmt in ungedämmter Außenwand
- ungedämmt in gedämmter Außenwand
- ungedämmt in gedämmter Außenwand (U-Wert Wand: $\leq 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$)



Beispiele: Foto des Raumes (Heizungsrohre verlaufen am oberen Bildrand)



Messung der Dämmstärke im vollständig gedämmten Zustand (mit ablesbaren Werten)



Messung der Dämmstärke im teilweise gedämmten Zustand (mit ablesbaren Werten)

2.4 Hydraulisch abgeglichenes Rohnetz

Mit einem hydraulischen Abgleich wird ein der Planung entsprechender angepasster Durchfluss der Übergabesysteme (Heizkörper/Flächenheizung) in einem Heizsystem sichergestellt. Vermieden werden damit über- bzw. unterversorgte Heizkörper/Flächenheizung mit entsprechend ungleichmäßigen Vor- und Rücklautemperaturen.

Auswahl	<ul style="list-style-type: none"> ■ kein hydraulischer Abgleich
Checkliste	<ul style="list-style-type: none"> ■ hydraulischer Abgleich statisch bestimmt ■ vollkommener hydraulischer Abgleich ■ keine Angabe

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben mit Bezug auf die größte Fläche des Gebäudes zum geprüften Rohrnetz an.

Hinweis zur Angabe	<p><u>hydraulischer Abgleich statisch bestimmt:</u> Mit dem statischen hydraulischen Abgleich werden in Heizsystemen die Durchflussmengen so einreguliert, dass eine gleichmäßige Wärmeverteilung erreicht wird. Der statische hydraulische Abgleich erfolgt meist im Volllastbetrieb.vollkommener</p> <p><u>hydraulischer Abgleich:</u> Mit dem vollkommenen (dynamischen) hydraulischen Abgleich werden in Heizsystemen die Durchflussmengen so einreguliert, dass eine gleichmäßige Wärmeverteilung erreicht wird. Dies erfolgt für verschiedene Betriebszustände eines Heizsystems(Voll-und Teillastbetrieb).</p> <p>Angaben mit Bezug auf die größte Nutzfläche des Gebäudes</p>
Dokumentation	Fotos Einbausituation (Heizkörper im Raum, Raumnummer/ -bezeichnung, Detail von Einstellung am Heizkörper), Berechnung hydraulischer Abgleich

Beispiele:



Raumnummer/-bezeichnung



Detail von der Einstellung am Heizkörper



Heizkörper im Raum

Objekt	Fluss	Abgleich
100	100	1,00
101	100	1,00
102	100	1,00
103	100	1,00
104	100	1,00
105	100	1,00
106	100	1,00
107	100	1,00
108	100	1,00
109	100	1,00
110	100	1,00
111	100	1,00
112	100	1,00
113	100	1,00
114	100	1,00
115	100	1,00
116	100	1,00

Berechnung hydraulischer Abgleich

2.5 Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt

Effiziente Heizungspumpen sind sowohl hydraulisch und elektrisch an den tatsächlichen Förderbedarf angepasst. Sie tragen somit erheblich zu Absenkung des Hilfsstrombedarfs bei.

-
- | | |
|------------|----------------------------------|
| Auswahl | ■ ja, Regelung vorhanden |
| Checkliste | ■ nein, Regelung nicht vorhanden |
| | ■ keine Pumpe vorhanden |
| | ■ keine Angabe |

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben mit Bezug auf die größte Fläche des Gebäudes zur geprüften Heizungspumpe an.

Hinweis zur Angabe	Angaben mit Bezug auf die größte Nutzfläche des Gebäudes
--------------------	--

Dokumentation	Fotos Einbausituation (Totale, Detail), Foto Regelung, ggf. Erläuterung der Regelung
---------------	--

Beispiele für Nachweise:



Einbausituation einer Heizungspumpe



Typenschild einer Heizungspumpe



Display der Heizungspumpe mit erkennbaren Einstellungen (Erläuterungen sind anzugeben)

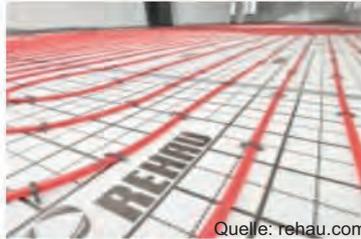


Erläuterung der Regelung

2.6 Übergabesystem

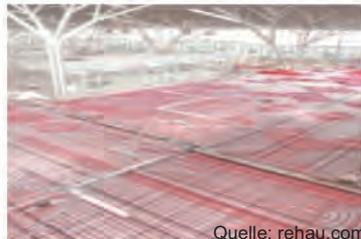
Die Art des Übergabesystems ist relevant für die Betriebsweise des Heizungssystems und beeinflusst damit die Höhe der Wärmeverluste z.B. bei der Erzeugung und Verteilung.

- Auswahl
- Checkliste
- freie Heizfläche (Heizkörper), Raumhöhe $\leq 4,0$ m
 - freie Heizfläche (Heizkörper), Raumhöhe $> 4,0$ m
 - Flächenheizung, mit Wasser beheizt, Raumhöhe $\leq 4,0$ m



Quelle: rehau.com
Einbau einer Flächenheizung

- thermoaktive Bauteilsysteme (TABS)



Quelle: rehau.com
Einbau eines thermoaktiven Bauteilsystems (TAB)

- Fußbodenheizung, mit Wasser beheizt, Raumhöhe $> 4,0$ m
- Nachheizung in der Zuluft (RLT-Anlagen), Raumhöhe $\leq 4,0$ m
- Umluftheizung, Raumheizung $\leq 4,0$ m
- Warmwasser-Deckenstrahlplatten



Quelle: rehau.com

- Warmluftheizung

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben mit Bezug auf die größte Fläche des Gebäudes zum geprüften Übergabesystem an.

Hinweis zur Angabe Angaben mit Bezug auf die größte Nutzfläche des Gebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Raumnummer/ -bezeichnung; Heizkörper im Raum, Luftauslässe, etc.)



Raumnummer/-bezeichnung



Ansicht des Raumes mit sichtbarem Heizkörper

Beispiele:



Deckenstrahlplatten in einer Turnhalle

1.3.3 Trinkwarmwasser

Diese Checkliste gibt einen Überblick über die Vollständigkeit und die Bewertung der ausgewählten Prüfparameter aus dem EnEV-Nachweis. Für jeden Parameter ist die Qualität des Sollwertes aus dem EnEV-Nachweis und des Istwertes der Umsetzung anzugeben. Belege für die eingebaute Qualität können in Form von Fotos, Zertifikaten, Lieferscheine, Typenschilder oder Pläne als Dokument angehängt werden. Die angeführten Beispiele beschreiben für jeden Parameter die Art und Qualität der zu erbringenden Nachweise.



- 3. Trinkwarmwasser
 - 3.1 Wärmeerzeugung
 - 3.2 Gesamtleitungslänge der Verteilung
 - 3.3 Dämmstandard Verteilung
 - 3.4 Zirkulationspumpe vorhanden

3.1 Wärmeerzeugung

Die Art der Wärmeerzeugung wie Heizkessel, Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung oder Solarthermie ist von grundlegendem Einfluss auf die energetische Bewertung eines Gebäudes.

Die Wärmeleistung gibt den als Wärme nutzbaren Energieanteil an.

Auswahl/ Angabe	Art der Wärmeerzeugung:
Checkliste	<ul style="list-style-type: none">■ Solaranlage■ Außenluft-Wasser-Wärmepumpe■ Abluft-Wasser-Wärmepumpe■ Sole-Wasser-Wärmepumpe (mit Erdsonde)■ Sole-Wasser-Wärmepumpe (mit Erdkollektor)■ Wasser-Wasser-Wärmepumpe■ Umstell-/ Wechselbrandkessel■ Feststoffkessel (fossiler Brennstoff)■ Standard-Gasspezialheizkessel■ Standard-Gebläsekessel■ Standard-Gebläsekessel (Brennertausch)■ Pelletkessel■ Holzhackschnitzelkessel■ Niedertemperatur-Gasspezialheizkessel■ Niedertemperatur-Gebläsekessel■ Niedertemperatur-Gebläsekessel (Brennertausch)■ Umlaufwassererhitzer■ Kombikessel mit Kleinspeicher■ Kombikessel (Durchlauf)■ Brennwertkessel■ Brennwertkessel, verbessert■ Sorptions-Gaswärmepumpe■ Nah- und Fernwärme■ dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (Verbrennungsmotor)■ dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (Sterlingmotor)

Angabe der Wärmeleistung:

- gemäß EnEV-Nachweis
- gemäß Einbausituation

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Wärmeerzeuger an.

Hinweis zur Angabe	Angaben mit Bezug auf die größte Anlage des Gebäudes
-----------------------	--

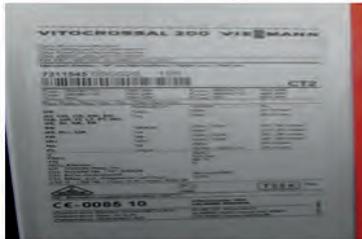
Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale, Detail), Typenschild/ ggf. Produktdatenblatt (mit technischen Angaben), Fotos DDC-Bildschirm/ ggf. Funktionsbeschreibung



Einbausituation (Raumansicht mit Kessel)

Lieferschein (mit technischen Angaben)

Beispiele:



Typenschild Heizkessel



Darstellung der Betriebsstunden (DDC-Bildschirm)

3.2 Gesamtleitungslänge der Verteilung

Die Höhe der Wärmeverluste im TWW-Verteilnetz nimmt mit zunehmender Gesamtleitungslänge zu.

Angabe **Angabe der Leitungslänge:**

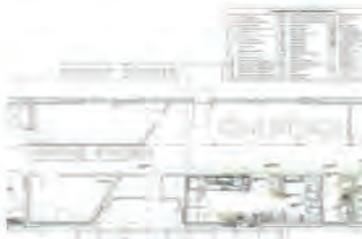
Checkliste

- gemäß EnEV-Nachweis
- gemäß Einbausituation

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zur geprüften Leitung an.

Hinweis zur Angabe Angaben mit Bezug auf die größte Anlage des Gebäudes

Dokumentation Grundrisse mit Trinkwasserleitungen, Rohrnetzberechnung



Grundriss mit Trinkwasserleitungen

Ausschnitt aus der Rohrnetzberechnung

Beispiele:

3.3 Dämmstandard Verteilung

Mit Verbesserung des Dämmstandards der TWW-Verteilung sinken die Wärmeverluste insbesondere für die Verteilungswege außerhalb der thermischen Hülle und die Zirkulation.

- | | |
|------------|---|
| Auswahl | <ul style="list-style-type: none"> ■ ungedämmt |
| Checkliste | <ul style="list-style-type: none"> ■ ungedämmt in ungedämmter Außenwand ■ ungedämmt in gedämmter Außenwand ■ ungedämmt in gedämmter Außenwand (0,4 W/(m²K)) ■ gedämmte Leitung bis 1980 ■ gedämmte Leitung bis 1980-1995 ■ gedämmte Leitung nach 1995 |

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Dämmstandard der TWW-Verteilung an.

Hinweis zur Angabe: Angaben mit Bezug auf die größte Anlage des Gebäudes

Dokumentation: Fotos Einbausituation (Totale, Detail) mit ablesbaren Werten der Dämmstärke der Rohrdurchmesser ist nach Möglichkeit über ein Foto zu dokumentieren (alternativ: Berechnung über Gesamtdicke (Rohr + Dämmung) und Dämmstärke)

Hinweise zur Bewertung der Dämmqualität:

Wird bei Messungen vor Ort die in der nachfolgenden Tabelle angegebene Mindestdicke der Dämmschicht ermittelt, sind folgende Qualitätsvorgaben aus der EnEV-Nachweisberechnung eingehalten:

- gedämmte Leitung 1980 – 1995
- gedämmte Leitung nach 1995

Art der Leitungen		Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf Wärmeleitgruppe von	
		0,035 W/(m • K)	0,025 W/(m • K)
Innendurchmesser	Außendurchmesser		
bis 22 mm	bis 27 mm (DN 20 oder 3/4")	20 mm	15 mm
über 22 mm bis 35 mm	über 27 mm bis 42 mm (DN 20 bis DN 32 oder 3/4" bis 1 1/4")	30 mm	22 mm
über 35 mm bis 100 mm	über 42 mm bis 114 mm (DN 32 bis DN 100 oder 1 1/4" bis 4")	35 mm bis 100 mm	22 mm bis 72 mm
über 100 mm	über 114 mm (DN 100 oder 4")	100 mm	72 mm

Mindestdämmstärken von Heizungsrohren in Anhängigkeit des Rohrdurchmessers und der Wärmeleitgruppe der Dämmung; gültig für die Punkte "gedämmte Leitung 1980 – 1985" und "gedämmte Leitung nach 1995" (in Anlehnung an EnEV 2009)

Bei einer um die Hälfte reduzierten Mindeststärke der Dämmschicht, ist von folgender Qualität nach EnEV auszugehen:

- gedämmten Leitung vor 1980

Die übrigen Auswahlmöglichkeiten sind entsprechend ihrer textlichen Beschreibung zu wählen.

- ungedämmt
- ungedämmt in ungedämmter Außenwand
- ungedämmt in gedämmter Außenwand
- ungedämmt in gedämmter Außenwand (U-Wert Wand: $\leq 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$)

Beispiele:



Foto des Raumes (Verteilung verläuft am oberen Bildrand)



Messung der Dämmstärke im teilweise gedämmten Zustand (mit ablesbaren Werten)



Messung der Dämmstärke im vollständig gedämmten Zustand (mit ablesbaren Werten)

3.4 Zirkulationspumpe vorhanden

Mit einer Zirkulationspumpe wird das Wasser in den Trinkwasserleitungen in regelmäßigen Abständen umgewälzt, um eine dauerhafte Abkühlung im Leitungsnetz zu vermeiden. Dieser Komfortgewinn an den Zapfstellen bedingt je nach Art und Regelung des Leitungsnetzes nicht unerhebliche Wärmeverluste.

- Auswahl
- Checkliste
- ja, Zirkulationspumpe vorhanden
 - nein, Zirkulationspumpe nicht vorhanden
 - Rohrbegleitheizung
 - keine Angabe

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zur geprüften Zirkulationspumpe an.

Hinweis zur Angabe

Angaben mit Bezug auf die größte Anlage des Gebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale, Detail), Foto von Einstellung, ggf. Erläuterung der Regelung

Beispiele für Nachweise:



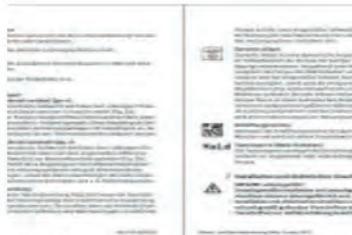
Einbausituation einer Zirkulationspumpe



Typenschild einer Zirkulationspumpe



Display der Zirkulationspumpe mit erkennbaren Einstellungen (Erläuterungen sind zu anzugeben)



Erläuterung der Regelung (Auszug aus der Bedienungsanleitung)

1.3.4 Lüftung

Diese Checkliste dient der integralen Qualitätssicherung von Gebäuden auf Basis der EnEV/DIN V 18599. Die Methodik beruht auf dem Vergleich von Qualitäten, die im EnEV-Ausweis als Sollwerte festgelegt worden sind, mit den Istwerten, die sich im Projektverlauf von der Planung über die Errichtung bis in den Betrieb eines Gebäudes ergeben. Zum Nachweis der umgesetzten Qualitäten werden die relevanten Planungs- und Ausführungsdetails in Form von Fotos, Zertifikaten, Lieferscheinen, Typenschilder oder Plänen dokumentiert. Die jeweiligen Prüfparameter in der Checkliste sind verlinkt mit Erläuterungen des geforderten Prüf- und Dokumentationsumfangs.



- 4 Lüftungstechnik
 - 4.1 Lüftungssystem
 - 4.2 Wärmerückgewinnung
 - 4.3 Befeuchter
 - 4.4 Zu- und Abluft
 - 4.5 Anteil der versorgten Bereiche

4.1 Lüftungssystem

Auszuwählen ist zum einen, ob eine dezentral oder zentrale mechanischen Lüftungsanlage vorliegt und zum anderen, um welchen Anlagentyp es sich handelt. Folgende Auswahl steht in der Checkliste zur Verfügung.

Auswahl
Checkliste

Lüftungsart:

- zentral
- dezentral
- keine mechanische Lüftung

Angabe der Anlagenart:

- Zuluftanlage
- Abluftanlage
- Zu-und Abluftanlage
- keine mechanische Lüftung

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zur geprüften Lüftungsanlage an.

Betriebszeiten:

Die Betriebszeiten der RLT-Anlagen aus dem EnEV-Ausweis sind abhängig von den Nutzungszonen der DIN 18599-10. Die folgende Tabelle listet diese Betriebszeiten auf. Maßgebend ist die größte Nutzungszone des Gebäudes.

Zonennummer	Zonenbezeichnung	Betriebszeit
1	Einzelbüro	05:00-18:00
2	Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)	05:00-18:00
3	Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätzen)	05:00-18:00
4	Besprechung/ Sitzungszimmer/ Seminar	05:00-18:00
5	Schalterhalle	05:00-18:00
6	Einzelhandel/ Kaufhaus	06:00-20:00
7	Einzelhandel/ Kaufhaus(Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten)	06:00-20:00
8	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	06:00-15:00
9	Hörsaal, Auditorium	06:00-18:00
10	Bettzimmer	00:00-24:00
11	Hotelzimmer	00:00-24:00
12	Kantine	06:00-15:00
13	Restaurant	08:00-00:00
14	Küche in Nichtwohngebäuden	08:00-23:00
15	Küche – Vorbereitung, Lager	08:00-23:00
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	05:00-18:00
17	Sonstige Aufenthaltsräume	05:00-18:00
18	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	05:00-18:00
19	Verkehrsfläche	05:00-18:00
20	Lager	05:00-18:00
21	Rechenzentrum	00:00-24:00
22	Gewerbliche und industrielle Hallen – schwere Arbeit	06:00-16:00

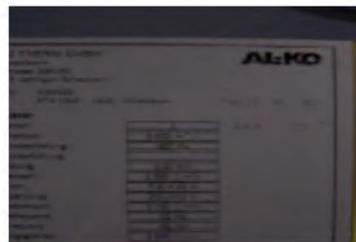
23	Gewerbliche und industrielle Hallen – mittelschwere Arbeit	06:00-16:00
24	Gewerbliche und industrielle Hallen – leichte Arbeit	06:00-16:00
25	Zuschauerbereich	17:00-23:00
26	Theater – Foyer	17:00-23:00
27	Bühne	11:00-23:00
28	Messe/ Kongress	07:00-18:00
29	Ausstellungsräume und Museum	00:00-24:00
30	Bibliothek – Lesesaal	06:00-20:00
31	Bibliothek – Freihandbereich	06:00-20:00
32	Bibliothek – Magazin und Depot	06:00-20:00
33	Turnhalle	06:00-23:00
34	Parkhaus (Büro- und Privat)	05:00-18:00
35	Parkhaus (öffentliche)	07:00-00:00
36	Saunabereich	08:00-22:00
37	Fitnessraum	06:00-23:00
38	Labor	00:00-24:00
39	Untersuchungs- und Behandlungsräume	05:00-18:00
40	Spezialpflegebereiche	00:00-24:00
41	Flure des allgemeinen Pflegebereichs	00:00-24:00
42	Arztpraxen und Therapeutische Praxen	06:00-18:00
43	Lagerhallen, Logistikhallen	00:00-24:00

Hinweis zur Angabe
Anlage mit dem größten Luftvolumenstrom des Gesamtgebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail), Typenschilder, Fotos DDC-Bildschirm/ ggf. Funktionsbeschreibung



Einbausituation einer Zu- und Abluftanlage



Typenschild Zuluftventilator

Beispiele:

4.2 Wärmerückgewinnung

Über die Wärmerückgewinnung wird die in der der Abluft enthaltene Energie genutzt, um die Zuluft vorzuwärmen bzw. vorzukühlen.

Die Rückwärmzahl, wird auch Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung genannt. Sie gibt den prozentualen Anteil an, wieviel Wärme aus der Abluft bezogen auf die Außenlufttemperatur wieder zurückgewonnen werden kann. Folgende Auswahl steht in der Checkliste zur Verfügung.

Auswahl
Checkliste

■ Plattenwärmeübertrager



Quelle: nordluft.com

- Kreislaufverbund Kompaktwärmeübertrager
- Rotationswärmeübertrager mit Sorptionsmaterialien
- kein Wärmerückgewinnungssystem vorhanden

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Wärmerückgewinnungssystem an.

■ Plattenwärmeübertrager Kreuz-Gegenstrom



<http://www.titotec.de>

- Kreislaufverbund Hochleistungs-Gegenstrom-Wärmeübertrager
- Rotationswärmeübertrager ohne Sorptionsmaterialien



Quelle: nordluft.com

Hinweis zur Angabe Anlage mit dem größten Luftvolumenstrom des Gesamtgebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail), Typenschilder, Berechnung Rückwärmzahl

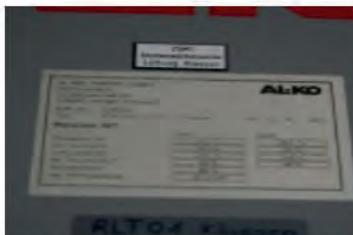
Beispiele:



Einbausituation einer Zu- und Abluftanlage



Nachweis über den Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung



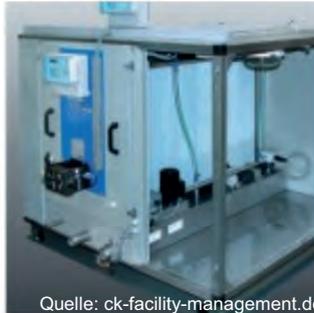
Typenschild Wärmetauscher

4.3 Befeuchter

In der Heizperiode neigen insbesondere mechanisch belüftete Räume zu geringen relativen Raumluftfeuchten von unter 30%, was die Anfälligkeit für Krankheiten und Allergien erhöht. Luftbefeuchter in Lüftungsanlagen wirken dem entgegen. Folgende Auswahl steht in der Checkliste zur Verfügung.

Auswahl Checkliste

- Verdunstungsbefeuchter – Kontakt – und Rieselbefeuchter



- Dampfbefeuchter – Elektrische Elektroden- oder Widerstandsheizung- Rohrwasser



- Verdunstungsbefeuchter – Umlaufsprühbefeuchter



- Dampfbefeuchter – Gasbefeuert- Rohrwasser (brennwertbezogen)



- Verdunstungsbefeuchter – Hochdruckbefeuchter



- Dampfbefeuchter – Ölbefeuert- Rohrwasser (brennwertbezogen)
- Dampfbefeuchter – Fremddampf ohne Mantelheizung (brennwertbezogen)



- Verdunstungsbefeuchter – Hybridbefeuchter



- Dampfbefeuchter – Fremddampf mit Mantelheizung (brennwertbezogen)

- kein Befeuchter vorhanden

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zum geprüften Befeuchter an.

Hinweis zur Angabe Anlage mit dem größten Luftvolumenstrom des Gesamtgebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale, Detail), Typenschilder

4.4 Zu- und Abluft

Zur Beurteilung der Effizienz einer Lüftungsanlage ist das Verhältnis von elektrischer Ventilatorleistung zum geförderten Luftvolumenstrom eine wichtige Bewertungsgröße. Der Volumenstrom des Zu- und Abluftkanalnetzes gibt eine Information zur Größe der Anlage.

Angabe **spezifische Ventilatorleistung (PSFP)**

Checkliste

- gemäß EnEV-Nachweis
- gemäß Einbausituation

maximaler Volumenstrom

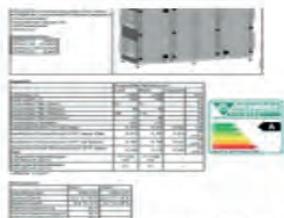
- gemäß EnEV-Nachweis
- maximaler Volumenstrom gemäß Einbausituation

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zur geprüften Lüftungsanlage an.

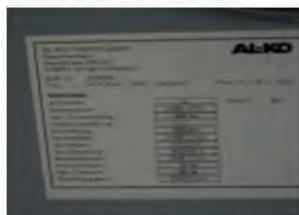
Hinweis zur Angabe ■ Anlage mit dem größten Luftvolumenstrom des Gesamtgebäudes
 ■ hinreichend ist die Angabe des PSFP-Wertes laut Hersteller/ Errichter. Alternativ ist das Differenzdruckverfahren vor Ort durchzuführen.

Dokumentation Fotos Typenschild, Messung, Messprotokoll

Beispiele:



Angabe des PSFP-Wertes laut Hersteller/
Berechnung des Errichters



Typenschild der Abluft mit Angabe des
maximalen Abluftvolumenstroms

alternativ: Ermittlung des PSFP-Wertes über Differenzdruckmessung



Messungen des Differenzdruckes (links)
und ablesbarer Wert der Ventilatorleistung
(rechts)

4.5 Anteil der versorgten Bereiche

Der Flächenanteil der versorgten Lüftungsbereiche am Gesamtgebäude ist eine grundlegende Rechengröße für die Beurteilung einer Lüftungsanlage.

Angabe **versorgter Bereich** (in %)
Checkliste

- gemäß EnEV-Nachweis
- gemäß Einbausituation

HINWEIS: Unter "Bezeichnung" geben Sie bitte genaue Angaben zur geprüften Lüftungsanlage an.

Hinweis zur Angabe Anteil der versorgten Bereiche aller Lüftungsanlagen des Gebäudes

Dokumentation Grundrisse mit Kennzeichnung der versorgten Bereiche und Flächenangaben, Berechnungen Anteil versorgter Bereiche



Beispiele: Grundriss einer Wohnung mit Kennzeichnung der Zuluft-, Abluft- und Überströmzonen

1.3.5 Beleuchtung

IQS₁₈₅₉₉ ✓

Diese Checkliste dient der integralen Qualitätssicherung von Gebäuden auf Basis der EnEV/DIN V 18599. Die Methodik beruht auf dem Vergleich von Qualitäten, die im EnEV-Ausweis als Sollwerte festgelegt worden sind, mit den Istwerten, die sich im Projektverlauf von der Planung über die Errichtung bis in den Betrieb eines Gebäudes ergeben. Zum Nachweis der umgesetzten Qualitäten werden die relevanten Planungs- und Ausführungsdetails in Form von Fotos, Zertifikaten, Lieferscheinen, Typenschilder oder Plänen dokumentiert. Die jeweiligen Prüfparameter in der Checkliste sind verlinkt mit Erläuterungen des geforderten Prüf- und Dokumentationsumfangs.

5 Beleuchtungstechnik

5.1 Beleuchtungsart

5.2 Lampentyp

5.3 Vorschaltgerät

5.4 Beleuchtungskontrolle

5.1 Beleuchtungsart

Die Beleuchtungsart hat Einfluss auf den Energieverbrauch, die Beleuchtungsstärke, und die Leuchtdichteverteilung im Raum.



- Auswahl Checkliste
- direkt
 - direkt und indirekt
 - indirekt

Hinweis zur Angabe Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail)

Beispiele:



Direkte Beleuchtung (Totale)



Direkte Beleuchtung (Detail)

5.2 Lampentyp

Der Parameter „Lampentyp“ beschreibt die Art des Leuchtmittels und ist damit von grundlegendem Einfluss für den energetischen Wirkungsgrad.

Auswahl
Checkliste

- Glühlampen



- Halogenglühlampen



- Leuchtstofflampen stabförmig



- Leuchtstofflampen kompakt, externes Vorschaltgerät



- LED-Ersatzlampen



- Metallhalogendampf-Hochdrucklampen



- Leuchtstofflampen kompakt, integriertes Vorschaltgerät

- Natriumdampf-Hochdrucklampen

- Quecksilberdampf-Hochdrucklampen

- Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes

- LED-Ersatzlampen bezeichnet den Ersatz für Glühlampen, Halogenglühlampen und Leuchtstofflampen (auch Retrofit-Produkte genannt)

- LEDs in LED-Leuchten bezeichnen Leuchten, die speziell für das Leuchtmittel LED konstruiert wurden

- Quecksilberdampf-Hochdrucklampen

- LEDs als LED-Leuchten

Hinweis zur
Angabe

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail), Typenbeschriftung



Leuchtstofflampe, stabförmig (Totale)



Leuchtstofflampe, stabförmig (Detail)

Beispiele

5.3 Vorschaltgerät

Vorschaltgerät dienen der Stromregulierung bei Gasentladungslampen und Leuchtstofflampen und haben großen Einfluss auf den Energieverbrauch einer Lampe.

Auswahl
Checkliste

■ konventionelles Vorschaltgerät



■ verlustarmes Vorschaltgerät



■ elektronisches Vorschaltgerät



Hinweis zur Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes
Angabe

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail), Typenschilder



Beispiele:

elektronisches
Vorschaltgerät (Detail)

5.4 Beleuchtungskontrolle

Über die Anpassung der Beleuchtungsstärke an den Bedarf ermöglicht eine automatisierte Beleuchtungskontrolle Energieeinsparungen.

Auswahl Checkliste **präsenzabhängig:**

- manuell
- automatisch mit Präsenzmelder

tageslichtabhängig:

- manuell
- gedimmt, nicht ausschaltend
- gedimmt, ausschaltend

Hinweis zur Angabe Nutzungszone mit der größten Grundfläche des Gesamtgebäudes

Dokumentation Fotos Einbausituation (Totale und Detail)

Beispiele:



präsenzabhängige Beleuchtungskontrolle
(Totale)



präsenzabhängige Beleuchtungskontrolle
(Detail)

Tabelle 1 allgemeine Gebäudeparameter Kita Hannover

Kindertagesstätte, Hannover	
Gebäudeteil	Neubau
Baujahr	2013
Nutzung	Kita
Wärmebereitstellung	Gas-Brennwertkessel
Standard	Passivhaus
NGF	813 m ²

1.4.2 Familienzentrum Hannover

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Familienzentrum in Hannover (siehe Abbildung 2). Das Gebäude ist im Passivhaus-Standard ausgeführt und befindet sich bereits in der Nutzungsphase.



Abbildung 2 Ansichten und Grundriss EG Familienzentrum Hannover

Die Versorgung des Gebäudes mit Wärme für die Heizung und das Trinkwarmwasser erfolgt zentral über einen Gas-Brennwertkessel mit solarer Unterstützung (vgl. Tabelle 2). Ein Sonnenschutz aus Raffstoren in der Putzfassade und Textilbahnen in denen mit Holz verkleideten Fassadenteilen beugen Überhitzungen vor. Das Übergabesystem der Heizung besteht aus freien Heizflächen ergänzt durch die Luftheizung. Das gesamte Gebäude wird zudem zentral über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung be- und entlüftet. Die Beleuchtung der Kita erfolgt über stabförmigen Leuchtstoffröhren, eine Beleuchtungskontrolle ist nicht vorhanden.

Tabelle 2 **allgemeine Gebäudeparameter Familienzentrum Hannover**

Familienzentrum , Hannover	
Gebäudeteil	Neubau
Baujahr	2012
Nutzung	Krippe
Wärmebereitstellung	Gas-Brennwertkessel mit solarer Unterstützung
Standard	Passivhaus
NGF	1.129 m ²

1.4.3 Gedenkstätte Ahlem

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Gedenkstätte in Hannover (siehe Abbildung 3) und umfasste einen sanierten Altbau und einen neuen Anbau. Beide Gebäudeteile sind im Passivhaus-Standard ausgeführt und befinden sich bereits in der Nutzungsphase.

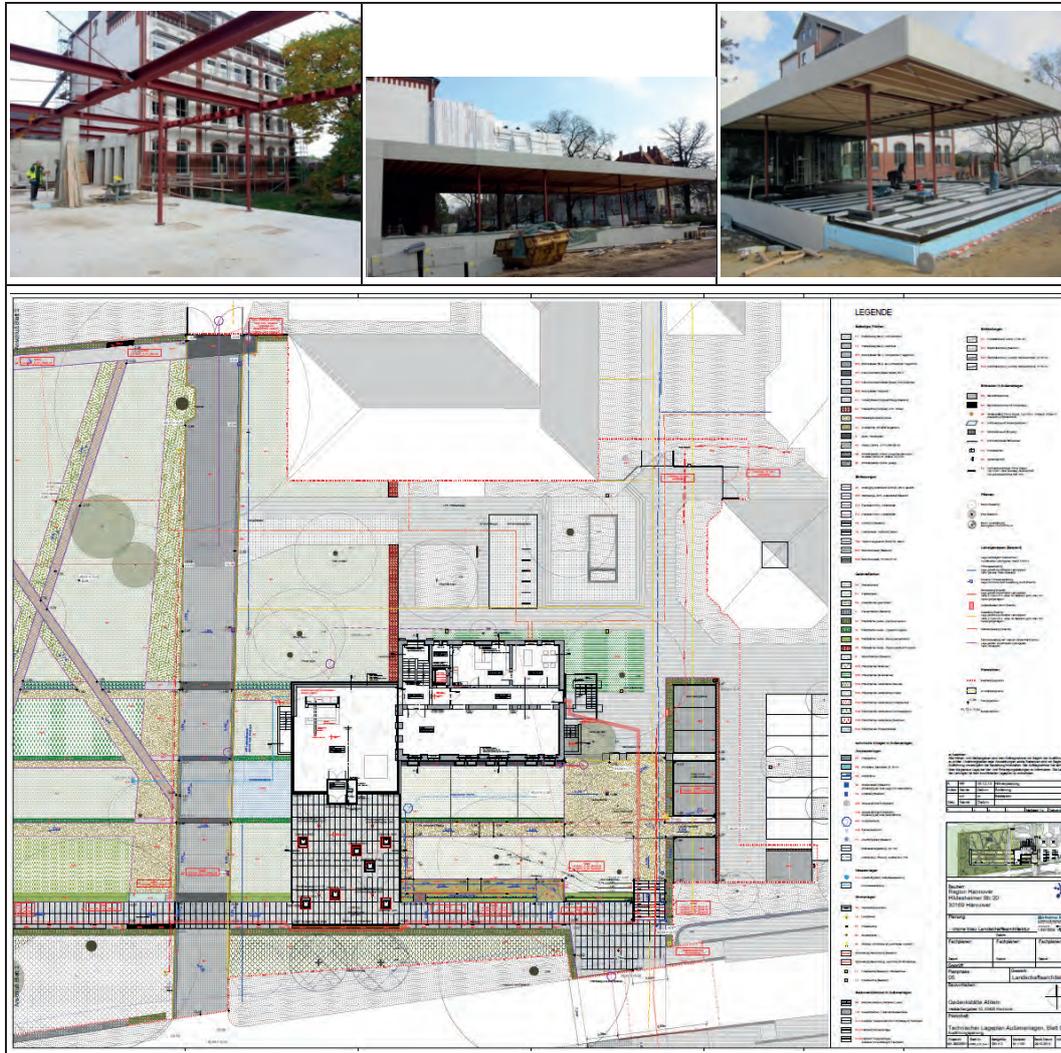


Abbildung 3 Ansichten und Lageplan Gedenkstätte Ahlem

Die Versorgung der beiden Gebäudeteile mit Wärme für die Heizung erfolgt zentral über einen Fernwärmeanschluss (vgl. Tabelle 3), eine Trinkwarmwasserbereitung ist nicht vorhanden. Der Anbau weist einen Sonnenschutz aus Raffstoren auf. Das Übergabesystem der Heizung besteht aus freien Heizflächen in dem sanierten Altbau und einer Deckenheizung in dem Neubau. Das gesamte Gebäude wird zudem zentral über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung be- und entlüftet. Die Beleuchtung der Gedenkstätte erfolgt über stabförmigen Leuchtstoffröhren, eine präsenzabhängige Beleuchtungskontrolle ist vorhanden.

Tabelle 3 **allgemeine Gebäudeparameter Gedenkstätte Ahlem**

Gedenkstätte Ahlem, Hannover		
Gebäudeteil	Altbau	Neubau
Baujahr	1893 (Sanierung: 2012)	2013
Nutzung	Museum	Museum
Wärmebereitstellung	Fernwärme	Fernwärme
Standard	Passivhaus	Passivhaus
NGF	831 m ²	394 m ²

1.5 Praxisanwendung IGS Mühlenberg

1.5.1 Gebäudebeschreibung

Untersucht wurde eine im Passivhausstandard errichtete Schule in Hannover (siehe Abbildung 4 und Tabelle 4). Die Ausführung der Bauarbeiten ist in zwei Abschnitte unterteilt, wobei die Schule als Gebäudeteil A01 im April 2015 in Betrieb genommen worden ist. Die Untersuchung bezieht sich auf den Zeitpunkt einer Begehung im Januar 2015. Es erfolgten der Fenstereinbau und die Dämmarbeiten der Gebäudehülle. Die Wärmeerzeuger waren aufgestellt und die Montage der Verteilung der Heizung hatte begonnen. Die Montage der Lüftungsanlagen stand vor Beginn.

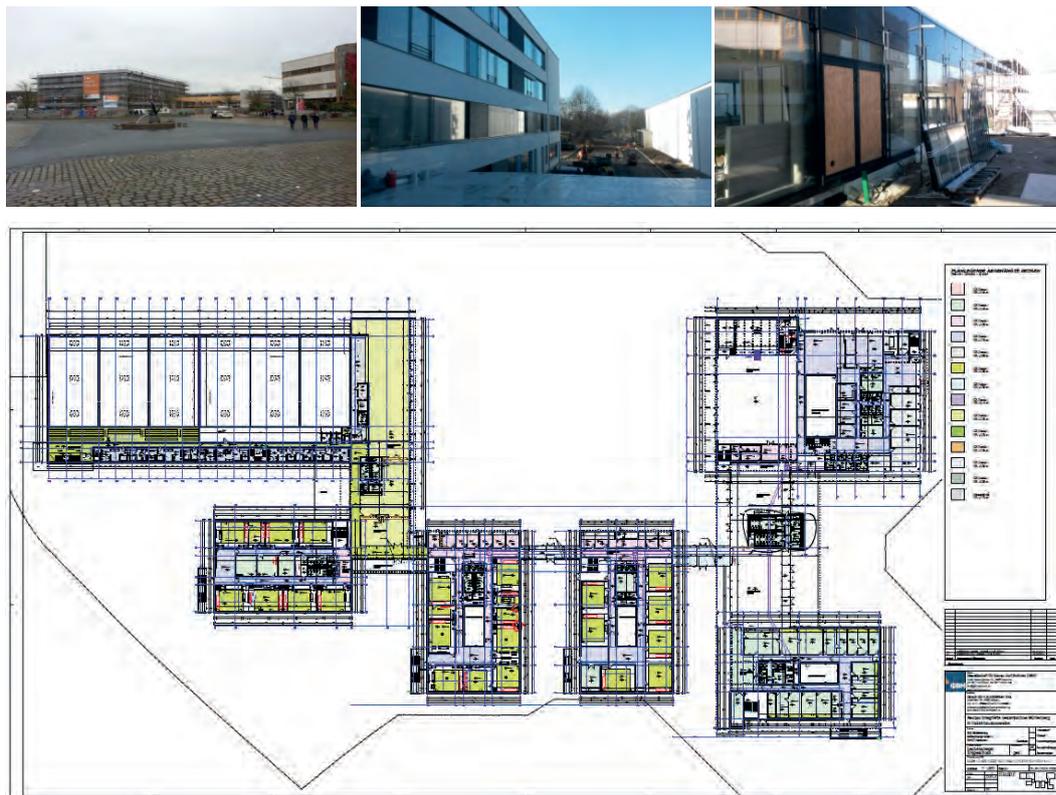


Abbildung 4 Grundriss des Erdgeschosses und Ansicht der Fassade der IGS Mühlenberg Gebäude A01

Tabelle 4 allgemeine Gebäudeparameter IGS Mühlenberg

Integrierte Gesamtschule Mühlenberg Gebäude A01, Hannover	
Gebäudeteil	Neubau
Baujahr	2015
Nutzung	Schule und Sporthalle
Wärmebereitstellung	Brennwertkessel, Pelletkessel
Standard	Passivhaus
NGF	1.733 m ² (Gebäude A01)

1.5.2 Eingabe task manager - Beleuchtung

5.0 Stammdaten

Aktenzeichen	IGS Mühlenberg
Objekt	Integrierte Gesamtschule Mühlenberg Mühlenberger Markt 1 30457 Hannover
Prüfer	Marvin Koch

5.1 Beleuchtungsart

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Beleuchtungsart

Angaben	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	direkt und indirekt	-Bitte wählen-		🗑️

Dokumentation



Kommentar keine Dokumentation vorhanden; Beleuchtung noch nicht verbaut

5.2 Lampentyp

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Lampentyp

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	Leuchtstofflampen	-Bitte wählen-		🗑️

Dokumentation



Kommentar keine Dokumentation vorhanden; Beleuchtung noch nicht verbaut

5.3 Vorschaltgerät

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Vorschaltgeraet ✎

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	elektronisches Vor	-Bitte wählen-		🗑️

Dokumentation



Kommentar keine Dokumentation vorhanden; Beleuchtung noch nicht verbaut

5.4 Beleuchtungskontrolle

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Beleuchtungskontrolle

Angabe Präsenzabhängigkeit	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	manuell	-Bitte wählen-		+
				+

Angabe Tageslichtabhängigkeit	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	manuell	-Bitte wählen-		+
				+

Dokumentation

Kommentar keine Dokumentation vorhanden; Beleuchtung noch nicht verbaut

1.5.3 Eingabe task manager - Lüftung

4.0 Stammdaten

Aktenzeichen IGS Mühlenberg

Objekt Integrierte Gesamtschule Mühlenberg
Mühlenberger Markt 1
30457 Hannover

Prüfer Marvin Koch

4.1 Lüftungssystem

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Lueftungssystem

Lüftungsart	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	zentral	-Bitte wählen-	alle Anlagen	+
				+

Anlagenart	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	Zu- und Abluftanlage	-Bitte wählen-	alle Anlagen	+
				+

Betriebszeiten

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Betriebszeiten

Angabe	Soll Wert	Ist Wert Betriebsbeginn	Ist Wert Betriebsende	Bezeich	+
	8; Klassenzimmer				+
					+

Dokumentation

Kommentar keine Dokumentation vorhanden, Anlagen nicht vorhanden

4.2 Wärmerückgewinnung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Waermerueckgewinnung

Wärmerückgewinnungssystem	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	Kreislaufverbund	-Bitte wählen-	alle Anlagen	🗑️
Rückwärmzahl [%]	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	70 %		alle Anlagen	🗑️
Dokumentation				
Kommentar	keine Dokumentation vorhanden, Anlagen nicht vorhanden			

4.3 Befeuchter

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Befeuchter

Angabe	Soll Wert	Ist Wert		+
	Befeuchterart und -typ	Befeuchterart und -typ	Bezeichnung	🗑️
Dokumentation	kein Befeuchter vo	-Bitte wählen-	alle Anlagen	🗑️
				
Kommentar	keine Dokumentation vorhanden, Anlagen nicht vorhanden			

4.4 Zu- und Abluft

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Zu-Abluft

spez. Ventilatorleistung [kW/(m ³ s)]	Angabe	Soll Wert	Ist Wert	+
	Zu-/Abluft			🗑️
max. Volumenstrom [m ³ /h]	Zuluft	1,0		🗑️
	Abluft	1,0		🗑️
Dokumentation	Angabe	Soll Wert	Ist Wert	+
	Zu-/Abluft			🗑️
Kommentar	Zuluft	63500 m ³ /h		🗑️
	Abluft	63500 m ³ /h		🗑️
				
keine Dokumentation vorhanden, Anlagen nicht vorhanden				

4.6 Anteil der versorgten Bereiche

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#AnteilderversorgtenBereiche

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung
	100 %		Unterricht

Dokumentation

Kommentar keine Dokumentation vorhanden, Anlagen nicht vorhanden

1.5.4 Eingabe task manager - Trinkwarmwasser

3.0 Stammdaten

Aktenzeichen IGS Mühlenberg

Objekt Integrierte Gesamtschule Mühlenberg
Mühlenberger Markt 1
30457 Hannover

Prüfer Marvin Koch

3.1 Wärmeerzeugung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#Waermeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung
	Brennwertkessel, v	Brennwertkessel, v	
	Pelletkessel	Pelletkessel	
	Solaranlage	-Bitte wählen-	

Wärmeleistung [kW]	Soll-Wert	Ist-Wert	Bezeichnung
	280 kW	208 -622 kW bei 50/30°C	Brennwertke
	140 kW	80-300 kW	Pelletkessel
	keine Angabe		

Dokumentation

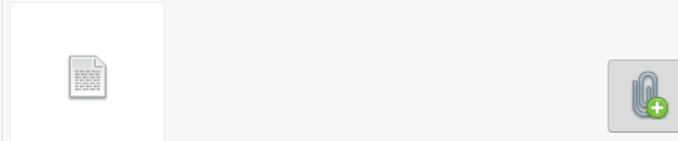
Kommentar Solaranlage: keine Dokumentation

3.2 Gesamtleitungslänge der Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#leitungslaenge

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	940 m	329,2 m		

Dokumentation

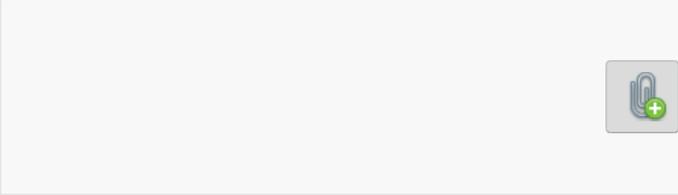


3.3 Dämmstandard Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#Daemmstandard

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	gedämmte Leitung	-Bitte Wählen-		

Dokumentation



Kommentar keine Dokumentation

3.4 Zirkulationspumpe vorhanden

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#zirkulationspumpe

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	nein	-Bitte Wählen-		

1.5.5 Eingabe task manager - Heizung

2.0 Stammdaten

Aktenzeichen	IGS Mühlenberg
Objekt	Integrierte Gesamtschule Mühlenberg Mühlenberger Markt 1 30457 Hannover
Prüfer	Marvin Koch

2.1 Wärmeerzeugung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Waermeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	Pelletkessel	Pelletkessel		
	Brennwertkessel, v	Brennwertkessel, v		

Wärmeleistung [kW]	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	140 kW	80-300 kW	Pelletkessel	
	280 kW	208 -622 kW bei 50/30°C	Brennkessel	

Betriebszeiten (der größten Nutzungszone)

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Betriebszeiten

Angabe	Soll Wert ?	Ist Wert Betriebsbeginn	Ist Wert Betriebsende	Bezeichn	+	⊗
	8; Klassenzimmer					

Dokumentation



Kommentar nicht dokumentiert, Anlage noch außer Betrieb

2.2 Systemtemperaturen Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Systemtemperaturen

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+	⊗
	75/55°C				

Dokumentation



Kommentar nicht dokumentiert, Anlage noch außer Betrieb

2.3 Dämmstandard Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Daemmstandard

Angabe	Soll Wert	Ist Wert1	Bezeichnung	+	⊗
	gedämmte Leitung	gedämmte Leitung			

Dokumentation



2.4 Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#hydraulischerAbgleich

Angabe	Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+	⊗
	hydraulischer Abgl	-Bitte wählen-			

Dokumentation



Kommentar nicht dokumentiert, Anlage noch in Bau

2.5 Heizungspumpe auf Bedarf angelegt

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Heizungspumpe

Angabe	Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
	ja	-Bitte wählen-		

Dokumentation



Kommentar nicht dokumentiert, Anlage noch in Bau

2.6 Übergabesystem

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Uebergabesystem

Angabe	Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
	freie Heizfläche (H	-Bitte wählen-		

Dokumentation



Kommentar nicht dokumentiert, Anlage noch in Bau

1.5.6 Eingabe task manager - Gebäudehülle

1.0 Stammdaten

Aktenzeichen	IGS Mühlenberg
Objekt	Integrierte Gesamtschule Mühlenberg Mühlenberger Markt 1 30457 Hannover
Prüfer	Marvin Koch

1.1 Energiebezugsfläche

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#AN

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	17032 m ²			

Dokumentation



Kommentar keine Flächenberechnungen vorhanden

1.2 Luftdichtheit

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#n50

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,6	0,46	Gebäude AC	+

Dokumentation			+
			

1.3 Qualitäten Gebäudehülle

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#UWert

Außenwand	Soll U-Wert	Ist U-Wert	Bezeichnung	+
	0,11 W/(m²K)	0,11 W/(m²K)	AW01	+

Dach/ Geschossdecke	Bauteil	Soll U-Wert	Ist U-Wert	+
	Dach	0,11	0,11	+

Bodenplatte/ Kellerdecke	Bauteil	Soll U-Wert	Ist U-Wert	+
	Bodenplatte gg. Er	0,13 W/(m²K)	0,12 W/(m²K)	+

U-Wert Fenster	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,76		AF02	+

g-Wert Verglasung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,43	0,5	AF02	+

Rahmenanteil	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	27 %		AF02	+

Dokumentation			+
			

Kommentar Ist-Wert Rahmenanteil nicht bekannt, U-Wert Fenster nicht berechenbar

1.4 Sonnenschutz

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#SonnenBlend

Typ	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	variabel	-Bitte wählen-		🗑️
Aktivierung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	manuell/ zeitgesteu	-Bitte wählen-		🗑️
Art	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	Außenjalousie, 10°	-Bitte wählen-		🗑️
Sonnen- und Blendschutz	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	nur Blendschutz	-Bitte wählen-		🗑️
Dokumentation				
Kommentar	noch nicht prüfbar, da der Bau noch nicht soweit fortgeschritten ist			

1.6 Praxisanwendung Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund

1.6.1 Gebäudebeschreibung

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Bürogebäude in Wittmund (siehe Abbildung 5). Das Gebäude ist im EnEV-30%-Standard (vgl. Tabelle 5) ausgeführt und befindet sich bereits in der Nutzungsphase. Begehungen während der Errichtung haben nicht stattgefunden. Das Gebäude weist fünf Mietparteien auf, eine Bäckerei, eine Physiotherapie-Praxis und drei Büronutzungen. Die Versorgung des Gebäudes mit Wärme erfolgt über eine Erdwärmepumpen und Erdsonden. Ein Gas-Brennwertkessel deckt die Spitzenlast ab. Das Übergabesystem der Heizung besteht aus Warmwasser-Deckenstrahlplatten. Eine Trinkwarmwasserbereitung ist dezentral in den WCs und Teeküchen vorhanden, zudem wird das gesamte Gebäude zentral über drei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung be- und entlüftet.



Abbildung 5 Grundriss und Ansicht der Ost- und Südfassade Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund

Tabelle 5 allgemeine Gebäudeparameter Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund

Geschäfts- und Bürogebäude, Wittmund	
Gebäudeteil	Neubau
Baujahr	2013
Nutzung	-
Wärmebereitstellung	Wärmepumpe, Brennnwertkessel
Standard	EnEV 2009 -30 %
NGF	2.160 m ²

1.6.2 Eingabe task manager - Beleuchtung

5.0 Stammdaten

Aktenzeichen
Objekt
Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund

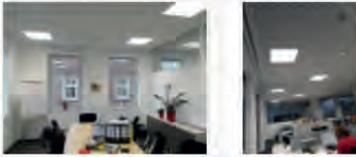
Prüfer
Marvin Koch

5.1 Beleuchtungsart

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Beleuchtungsart

Angaben	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung
	direkt	direkt	

Dokumentation

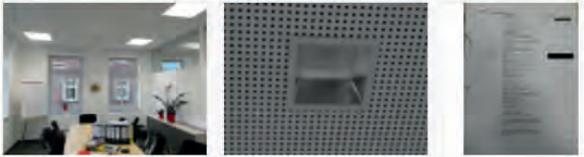


5.2 Lampentyp

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Lampentyp

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung
	Leuchtstofflampen	LEDs in LED-Leuc	

Dokumentation



5.3 Vorschaltgerät

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Vorschaltgeraet

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung
	elektronisches Vor	-Bitte wählen-	

Dokumentation

Kommentar
keine Angabe zum Vorschaltgerät

5.4 Beleuchtungskontrolle

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/5_beleuchtung/#Beleuchtungskontrolle

Angabe Präsenzabhängigkeit	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	manuell	manuell		🗑️

Angabe Tageslichtabhängigkeit	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	gedimmt, ausschal	gedimmt, ausschal		🗑️

Dokumentation

1.6.3 Eingabe task manager - Lüftung

4.0 Stammdaten

Aktenzeichen

Objekt

Prüfer

4.1 Lüftungssystem

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Lueftungssystem

Lüftungsart	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	keine mechanische	zentral		🗑️

Anlagenart	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	keine mechanische	Zu- und Abluftanla		🗑️

Betriebszeiten

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Betriebszeiten

Angabe	Soll Wert	Ist Wert Betriebsbeginn	Ist Wert Betriebsende	Bezeich	+
	-Bitte wählen-	06:00	20:00		🗑️

Dokumentation

4.2 Wärmerückgewinnung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Waermerueckgewinnung

Wärmerückgewinnungssystem	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	-Bitte wählen-	Rotationswärmeüb		🗑️

Rückwärmzahl [%]	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
				🗑️

Dokumentation




Kommentar keine genaue Angabe zum Wärmerückgewinnungssystem
Rückwärmzahl nicht dokumentiert

4.3 Befeuchter

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Befeuchter

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
Befeuchterart und -typ		Befeuchterart und -typ		🗑️
	-Bitte wählen-	kein Befeuchter vo		

4.4 Zu- und Abluft

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Zu-Abluft

spez.Ventilatorleistung [kW/(m ³ s)]	Angabe Zu-/Abluft	Soll Wert	Ist Wert	+

max. Volumenstrom [m ³ /h]	Angabe Zu-/Abluft	Soll Wert	Ist Wert	+
	Zuluft		3921	🗑️
	Abluft		3853	🗑️

Dokumentation




Kommentar spez. Ventilatorleistungen nicht dokumentiert

4.6 Anteil der versorgten Bereiche

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#AnteilderversorgtenBereiche

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+

Dokumentation



Kommentar keine Dokumentation vorhanden

1.6.4 Eingabe task manager - Trinkwarmwasser

3.0 Stammdaten

Aktenzeichen
Objekt

Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund

Prüfer Marvin Koch

3.1 Wärmeerzeugung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#Waermeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
-Bitte wählen-	dezentral: Elektro-l		+ 🗑️

Wärmeleistung [kW]

Soll-Wert	Ist-Wert	Bezeichnung	
	13,5 kW		+ 🗑️

Dokumentation



Kommentar EnEV-Nachweis: nicht vorhanden

3.2 Gesamtleitungslänge der Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#leitungslaenge

Angabe

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
			+

Dokumentation



Kommentar EnEV-Nachweis: nicht vorhanden
Ist-Situation: dezentral, keine Verteilung

3.3 Dämmstandard Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#Daemmstandard

Angabe

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
			+

Dokumentation



Kommentar EnEV-Nachweis: nicht vorhanden
Ist-Situation: dezentral, keine Verteilung

3.4 Zirkulationspumpe vorhanden

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#zirkulationspumpe

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
Dokumentation				
Kommentar	EnEV-Nachweis: nicht vorhanden Ist-Situation: dezentral, keine Verteilung			

1.6.5 Eingabe task manager - Heizung

2.0 Stammdaten

Aktenzeichen

Objekt

Prüfer

2.1 Wärmeerzeugung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Waermeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	Brennwertkessel, v	Sole-Wasser-Wärm		
	-Bitte wählen-	Brennwertkessel, v		

Wärmeleistung [kW]	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	keine Angabe	200 kW	Wärmepump	
		300 kW	Brennwertke	

Betriebszeiten (der größten Nutzungszone)

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Betriebszeiten

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Ist Wert	Bezeich	+
		Betriebsbeginn	Betriebsende		
	1; Einzelbüro; 05:0	07:00	23:00		

Dokumentation







Kommentar Heizungsanlage für zwei Gebäude, über Nahwärmeleitung Versorgung des untersuchten Gebäudes

2.2 Systemtemperaturen Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Systemtemperaturen

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	keine Angabe	35/28 °C		+

Dokumentation



2.3 Dämmstandard Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Daemmstandard

Angabe	Soll Wert	Ist Wert1	Bezeichnung	+
	gedämmte Leitung	gedämmte Leitung		+

Dokumentation



2.4 Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#hydraulischerAbgleich

Angabe	Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
	kein hydraulischer	-Bitte wählen-		+

2.5 Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Heizungspumpe

Angabe	Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
	ja	ja		+

Dokumentation



2.6 Übergabesystem

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Uebergabesystem

Angabe	Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
	freie Heizfläche (H)	Warmwasser-Deck		+

Dokumentation



1.6.6 Eingabe task manager - Gebäudehülle

1.0 Stammdaten

Aktenzeichen
Objekt

Geschäfts- und Bürogebäude Wittmund

Prüfer
Marvin Koch

1.1 Energiebezugsfläche

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#AN

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	2159,7 m ²			

Dokumentation

Kommentar
keine Berechnungen vorhanden, Dokumentation nicht möglich

1.2 Luftdichtheit

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#n50

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	2,0 1/h			

Dokumentation

Kommentar
keine Messungen durchgeführt, Dokumentation nicht möglich

1.3 Qualitäten Gebäudehülle

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#UWert

Außenwand	Soll U-Wert	Ist U-Wert	Bezeichnung	+
	0,19		AW mit Verb	🗑️
Dach/ Geschossdecke	Bauteil	Soll U-Wert	Ist U-Wert	+
	Dach	0,13		🗑️
Bodenplatte/ Kellerdecke	Bauteil	Soll U-Wert	Ist U-Wert	+
	Bodenplatte gg. Er	0,26		🗑️
U-Wert Fenster	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,84		FA	🗑️
g-Wert Verglasung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,5		FA	🗑️
Rahmenanteil	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	30 %		FA	🗑️
Dokumentation	📎+			

Kommentar Gebäude in der Nutzung besichtigt, Dämmqualitäten nicht dokumentierbar

1.4 Sonnenschutz

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#SonnenBlend

Typ	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	-Bitte wählen-	variabel		🗑️
Aktivierung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
Art	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	-Bitte wählen-	Außenjalousie, 10°		🗑️
Sonnen- und Blendschutz	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	-Bitte wählen-	nur Blendschutz		🗑️
Dokumentation	 📎+			

Kommentar EnEV-Nachweis: keine Angabe zum Sonnenschutz

1.7 Interhomes Hannover

1.7.1 Gebäudebeschreibung

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um den Neubau eines Wohngebäudes im Passivhausstandard in Hannover Wettbergen. Das Baugebiet beinhaltet 4 Zeilen des (energetisch) gleichwertigen Reihenhauses, welche in verschiedenen Bauphasen vorliegen. Die erste Bauzeile ist bereits von den Nutzern bezogen, Zeile 2 befindet sich in der Rohbauphase. Bodenplatte, Dach und Mauerwerk sind fertiggestellt und die Dämmarbeiten haben begonnen. Die vierte Zeile befindet sich in der Endabnahme, die Luftdichtheit wird überprüft, die Volumenstrommessungen der einzelnen Auslässe der Lüftung werden ebenso wie der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage kontrolliert. Die dritte Zeile befindet sich in der Rohbauphase, die Arbeiten an der Bodenplatte haben begonnen.

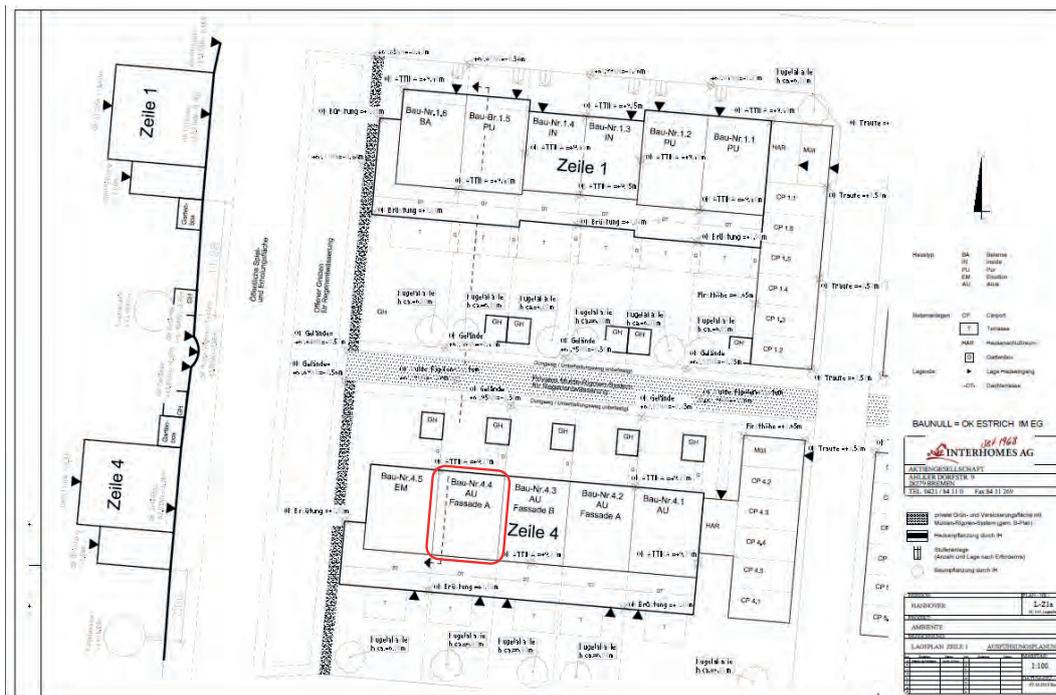


Abbildung 6 Lageplan der Zeilen 1 und 4 und Ansicht der Südfassade (Das betrachtete Gebäude ist rot markiert) [Quellen: Interhomes (Lageplan); eigene Dokumentation (Ansicht)]

Das überprüfte Gebäude befindet sich in der vierten Bauzeile und ist ein Reihenmittelhaus mit der Baunummer 4.4 (siehe Abbildung 6). Die Versorgung des Hauses mit Wärme erfolgt sowohl für die Heizung als auch die Trinkwarmwasserbereitung über einen Gas-Brennwertkessel mit solarer Unterstützung in Form einer Solarthermieanlage. Die Erzeugung erfolgt zentral für die gesamte Häuserzeile, welche fünf Wohneinheiten umfasst. Das Übergabesystem der Heizung im betrachteten Wohngebäude besteht aus Radiatoren. Auf Grund der Passivhausbauweise (vgl. Tabelle 6) und der damit verbundenen sehr dichten Gebäudehülle erhöht eine Zu- und Abluftanlage mit einer Wärmerückgewinnung den Luftwechsel der gesamten Wohneinheit.

Tabelle 6 allgemeine Gebäudeparameter Wohngebäude Interhomes

Reihenmittelhaus, Hannover	
Gebäudeteil	Neubau
Baujahr	2013
Nutzung	Wohnen
Wärmebereitstellung	Gas-Brennwertkessel mit solarer Unterstützung
Standard	Passivhaus
NGF	198 m ²

1.7.2 Eingabe task manager - Lüftung

4.0 Stammdaten

Aktenzeichen: Zeile 4 AURA MH

Objekt: Zeile 4 AURA MH 4.4
Ingeborg Steinohrt Weg
300457 Hannover

Prüfer: Marvin Koch

4.1 Lüftungssystem

Informationen zu Prüfumfang: http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Lueftungssystem

Lüftungsart	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
zentral	zentral	zentral		+ 🗑️

Anlagenart	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
Zu- und Abluftanlage	Zu- und Abluftanlage	Zu- und Abluftanlage		+ 🗑️

Betriebszeiten

Informationen zu Prüfumfang: http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Betriebszeiten

Angabe	Soll Wert	Ist Wert Betriebsbeginn	Ist Wert Betriebsende	Bezeichnung
-Bitte wählen-				+ 🗑️

Dokumentation

📄   📎

Kommentar: Wohngebäude, daher immer Nutzungszeit

4.2 Wärmerückgewinnung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Waermerueckgewinnung

Wärmerückgewinnungssystem	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+	🗑️
	-Bitte wählen-	-Bitte wählen-			

Rückwärmzahl [%]	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+	🗑️
	85 %	84 %			

Dokumentation



Kommentar Ist-Wert: Gegenstrom-Kanalwärmetauscher

4.3 Befeuchter

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Befeuchter

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+	🗑️
Befeuchterart und -typ	Befeuchterart und -typ	Befeuchterart und -typ			
	kein Befeuchter vo	kein Befeuchter vo			

4.4 Zu- und Abluft

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#Zu-Abluft

spez. Ventilatorleistung [kW/(m³s)]	Angabe	Soll Wert	Ist Wert	+	🗑️
	Zu-/Abluft	0,48 W/(m³/h)	0,26 Wh/m³		

max. Volumenstrom [m³/h]	Angabe	Soll Wert	Ist Wert	+	🗑️
	Zu-/Abluft				
	Zuluft	165	175		
	Abluft	165	156		

Dokumentation



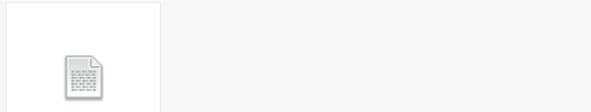
Kommentar Luftmengen raumweise gemessen und mit Ausführungsplanung Lüftung abgeglichen

4.6 Anteil der versorgten Bereiche

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/4_lueftung/#AnteilderversorgtenBereiche

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+	🗑️
	100 %	100 %			

Dokumentation



1.7.3 Eingabe task manager - Trinkwarmwasser

3.0 Stammdaten

Aktenzeichen

Objekt

Prüfer

3.1 Wärmeerzeugung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#Waermeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
Solaranlage	Solaranlage		+ 🗑️
Brennwertkessel	Brennwertkessel		+ 🗑️

Wärmeleistung [kW]

Soll-Wert	Ist-Wert	Bezeichnung	
keine Angabe		Solaranlage	+ 🗑️
15 kW	7,0 - 23,5 kW bei 40/30 °C	Brennwertke	+ 🗑️

Dokumentation

Kommentar

3.2 Gesamtleitungslänge der Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#leitungslaenge

Angabe

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
24,0 m			+ 🗑️

Dokumentation

Kommentar

3.3 Dämmstandard Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#Daemmstandard

Angabe

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
gedämmte Leitung	gedämmte Leitung		+ 🗑️

Dokumentation

3.4 Zirkulationspumpe vorhanden

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/3_trinkwarmwasser/#zirkulationspumpe

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
	ja	ja		+ 🗑️

Dokumentation



1.7.4 Eingabe task manager - Heizung

2.0 Stammdaten

Aktenzeichen: ed384 Zeile 4 AURA MH

Objekt: Zeile 4 AURA MH 4.4
Ingeborg Steinholt Weg
300457 Hannover

Prüfer: Marvin Koch

2.1 Wärmeerzeugung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Waermeerzeugung

Art der Wärmeerzeugung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
	Brennwertkessel	Brennwertkessel		+ 🗑️
	Solaranlage	Solaranlage		+ 🗑️

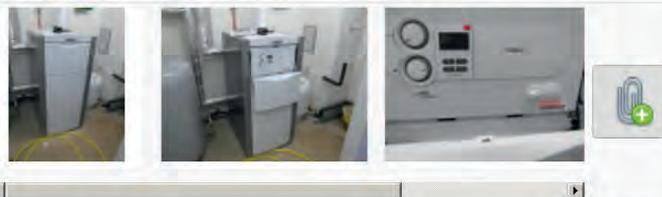
Wärmeleistung [kW]	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
	15 kW	7,0 - 23,5 kW bei 40/30 °C	Brennwertke	+ 🗑️
	keine Angabe		Solaranlage	+ 🗑️

Betriebszeiten (der größten Nutzungszone)

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Betriebszeiten

Angabe	Soll Wert	Ist Wert Betriebsbeginn	Ist Wert Betriebsende	Bezeich	
	?				+ 🗑️
	-Bitte wählen-				

Dokumentation



Kommentar

Wohngebäude, daher immer Nutzungszeit
keine angaben über die Solaranlage vorhanden

2.2 Systemtemperaturen Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Systemtemperaturen

Angabe

Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
35/28 °C	55/45 °C		+

Dokumentation



2.3 Dämmstandard Verteilung

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Daemmstandard

Angabe

Soll Wert	Ist Wert1	Bezeichnung	+
gedämmte Leitung	gedämmte Leitung		+

Dokumentation



2.4 Hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#hydraulischerAbgleich

Angabe

Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
hydraulischer Abgl	hydraulischer Abgl		+

Dokumentation



Kommentar

keine Angabe zur Bestimmung des hydraulischen Abgleichs

2.5 Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Heizungspumpe

Angabe

Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
ja	ja		+

Dokumentation



2.6 Übergabesystem

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/2_heizung/#Uebergabesystem

Angabe

Soll Wert1	Ist Wert1	Bezeichnung	+
Flächenheizung, m	freie Heizfläche (H		+

Dokumentation



1.7.5 Eingabe task manager - Gebäudehülle

1.0 Stammdaten

Aktenzeichen

Objekt

Prüfer

1.1 Energiebezugsfläche

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#AN

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
	198,4 m ²	176,1 m ²		

Dokumentation

1.2 Luftdichtheit

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#n50 

Angabe	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	
	0,6 1/h	0,52 1/h		

Dokumentation

1.3 Qualitäten Gebäudehülle

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#UWert

Außenwand	Soll U-Wert	Ist U-Wert	Bezeichnung	+
	0,09 W/(m²K)	0,09 W/(m²K)	Außenwand	🗑️
Dach/ Geschossdecke	Bauteil	Soll U-Wert	Ist U-Wert	+
	Dach	0,10 W/(m²K)	0,10 W/(m²K)	🗑️
Bodenplatte/ Kellerdecke	Bauteil	Soll U-Wert	Ist U-Wert	+
	Bodenplatte gg. Er	0,12 W/(m²K)	0,11 W/(m²K)	🗑️
U-Wert Fenster	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,76 W/(m²K)	0,8	WSV Nordfa	🗑️
g-Wert Verglasung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	0,54	0,6	WSV Nordfa	🗑️
Rahmenanteil	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	30 %	30,6 %	Fenster ges	🗑️
Dokumentation				📎+

1.4 Sonnenschutz

Informationen zu Prüfumfang http://iqs.synavision.de/1_gebauedehuelle/#SonnenBlend

Typ	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	kein	variabel		🗑️
Aktivierung	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	-Bitte wählen-	-Bitte wählen-		🗑️
Art	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
	-Bitte wählen-	Außenrolladen, ge		🗑️
Sonnen- und Blendschutz	Soll Wert	Ist Wert	Bezeichnung	+
Dokumentation				📎+
Kommentar	keine Angabe zur Aktivierung			