Institut für Bauforschung e. V.

Schäden beim energieeffizienten Bauen und Modernisieren

Gemeinschaftsprojekt der AIA AG und dem Institut für Bauforschung e.V. in Kooperation mit dem Bauherren-Schutzbund e.V.

Forschungsbericht

IFB – 11555 / 2011

Institut für Bauforschung e.V.

Schäden beim energieeffizienten Bauen und Modernisieren

Gemeinschaftsprojekt der AIA AG und dem Institut für Bauforschung e.V.

Auftraggeber:	**AIA AG** Kaistraße 13 40221 Düsseldorf
Bearbeitung:	**Institut für Bauforschung e.V. (IFB)** An der Markuskirche 1, 30163 Hannover Dipl.-Ing. Heike Böhmer, GF Direktorin Dipl.-Ing. Janet Simon, wiss. Mitarbeiterin
Forschungsbericht:	IFB – 11555 / 2011

Inhalt

1 Ausgangspunkt 4

2 Aufgabenstellung und Ziele 5

3 Datengrundlage und Vorgehensweise 6

4 Klassifizierung der Untersuchungsergebnisse 7

5 Planungsfehler 9

6 Ausführungsfehler 21

7 Fazit 39

1 Ausgangspunkt

Die energetische Modernisierung von Bestandsgebäuden und die Errichtung energetisch hocheffizienter Neubauten spielen im Zusammenhang mit den energiepolitischen Zielen der Bundesregierung und den damit verbundenen Zielsetzungen im Sinne des Klimaschutzes eine wesentliche Rolle. Noch immer wird etwa 1/3 der eingesetzten Endenergie in Deutschland für die Beheizung und Warmwasserbereitung von Gebäuden aufgewendet.

Bei einem Endenergieverbauch von ca. 2,4 Mio. GWh/a (Quelle: BMWi 2009) in etwa 18 Mio. Wohngebäuden (Quelle: dena, 2009) besteht hier ein großes Einsparpotenzial, insbesondere in Wohngebäuden, die vor 1979, d.h. vor der 1. Wärmeschutzverordnung, errichtet wurden. Diese Gebäude betreffen etwa 71% des deutschen Wohngebäudebestands und verbrauchen dabei etwa 75% des Endenergiebedarfs. Jährlich werden ca. 100.000 Gebäude neu errichtet, deren Energiebedarf bereits überwiegend die derzeitigen Anforderungen der EnEV übererfüllt (Quelle: dena Gebäudereport 2011). Vor diesem Hintergrund wurden als wesentliche Teile des Energiekonzepts der Bundesregierung festgeschrieben:

- Gebäudebestand bis 2050 „nahezu klimaneutral“
- die Reduzierung des Wärmebedarfs bis 2020 um 20%
- die Verdopplung der Gebäudesanierungsrate von derzeit 1% auf 2%
- die deutliche Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien.

Neben der politischen Zielsetzung und damit verbundenen Anforderungen (z.B. auf der Grundlage der geltenden Gesetze und Verordnungen) spielen die Motivationen und Zielsetzungen der Gebäudeeigentümer und Bauwilligen eine wesentliche Rolle, deren Schwerpunkte in den Bereichen Energiekosteneinsparung, Wertsteigerung, Schadenfreiheit und Wohnkomfortverbesserung liegen. Sowohl die politischen als auch die persönlichen Zielsetzungen setzen erfolgreiche Bau- und Modernisierungsmaßnahmen voraus. Voraussetzung hierfür ist neben der Vereinbarung realistischer Ziele auf der Grundlage der rechtlichen und technischen Gegebenheiten die fach- und sachgerechte (d.h. mangelfreie) Planung und Ausführung der Modernisierungsmaßnahmen. Erfahrungen aus der Bau- und Sachverständigenpraxis zeigen jedoch, dass Anzahl und Umfang der Schäden bei der energetischen Modernisierung kontinuierlich zunehmen. Eine Tendenz, die vor dem Hintergrund der geplanten Erhöhung der Sanierungsrate und der erforderlichen Eigentümermotivation an Bedeutung gewinnt und deshalb Veranlassung für die gemeinschaftliche Untersuchung der AIA AG mit dem Institut für Bauforschung e.V. in Kooperation mit dem Bauherren-Schutzbund e.V. ist.

2 Aufgabenstellung und Ziele

Gemäß dem geltenden Werkvertragsrecht sind Planer und Bauausführende verpflichtet, ein mangelfreies Werk zu erstellen und entsprechend den anerkannten Regeln der Technik sowie auf der Grundlage der vertraglichen Vereinbarungen zu planen und zu bauen. Im Zusammenhang mit den Maßnahmen zum energieeffizienten Bauen und zur energetischen Modernisierung von Bestandsgebäuden betreffen sie insbesondere die Gebäudehülle, d.h. die wärmeübertragende Umfassungsfläche und die Gebäudetechnik, die der Beheizung des Gebäudes und der Warmwasserbereitung dient.

Gebäudehülle und Gebäudetechnik werden durch veränderte Standards, gesetzliche Vorgaben und nicht zuletzt durch neue Produkte, Materialien und innovative Techniken immer komplexer. Zudem steigen die Anforderungen an den energetische Standard des Bau- und Modernisierungsergebnisses. Je höher der energetische Standard, desto höher werden die spezifischen Anforderungen an die Qualität der Konstruktion und der Gebäudetechnik. Die hierfür erforderliche hohe Planungs- und Bauqualität, die Voraussetzung für das dauerhafte Erreichen vereinbarter Zielkennwerte ist, lässt auch die Arbeit der Planer, der bauausführenden Firmen, der Bauleiter und -überwacher komplexer, aufwändiger und anspruchsvoller werden.

Vor diesem Hintergrund werden Schadenfälle aus den Jahren 2007 bis 2011 analysiert, um Mangel- und Schadenschwerpunkte bei Maßnahmen zur energieeffizienten Modernisierung zu identifizieren. In diesem Zusammenhang werden folgende Schadenschwerpunkte untersucht:

- Wärmedämmung und Wärmebrücken
- Luftdichtheit
- Heizungs- und Lüftungsanlagen
- Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien (Wärmepumpe, solare Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung)

Ziel der Untersuchung ist, die typischen Bauteile und Bauteilbereiche zu identifizieren, an denen Mängel und Schäden beim energieeffizienten Bauen und Modernisieren auftreten, deren Ursachen und Verantwortlichkeiten zu erfassen und daraus Empfehlungen abzuleiten, anhand der Schadensummen den Schadenumfang und damit die Folgen zu dokumentieren und aus diesen Ergebnissen Lösungen für nachhaltige, d.h. dauerhaft energieeffiziente Bau- und Modernisierungsergebnisse abzuleiten. Die Untersuchung soll zudem die Bedeutsamkeit des Themas objektiv herausstellen und Verbraucher sowie alle am Bau Beteiligten für dieses Thema sensibilisieren.

3 Datengrundlage und Vorgehensweise

Als Grundlage und Datenbasis für die Gemeinschaftsuntersuchung diente dem Institut für Bauforschung e.V. die umfangreiche Datenbank des Kooperationspartners AIA AG, einem Versicherungsmakler und Tochterunternehmen der MAF (Mutuelle Des Architectes Français Assurances, Paris) und des Bauherren-Schutzbund e.V. (BSB).

Aufgrund der großen Datenmenge war es notwendig, eine geeignete Auswahl zu treffen. Durch die Festlegung relevanter Schadenkriterien (z.B. Gebäudeart, Schadenzeitpunkt, Schadenart, Ursachenermittlung, Gutachten, Schadenumfang, Schadensumme etc.), sowie die Zuordnung zu den Gewerken bzw. Bauteilbereichen (z.B. Wärmedämmung, luftdichte Ebene, Fenster und Türen), wurden geeignete, typische Schadenfälle aus dem Bereich *Schäden beim energieeffizienten Bauen und Modernisieren* mit einem Schadeneintritt zwischen 2007 und 2010 ausgewählt.

Insgesamt gründet die Studie auf **50 dokumentierten Schadenfällen,** dabei handelt es sich um 29 Neubauvorhaben und 21 modernisierte Bestandsgebäude.

Die Schadenfälle wurden auf der Grundlage folgender Kriterien katalogisiert:

- Neubau / Altbau und Gebäudeart
- Schadenart und -quelle
- Bereich / Gewerk
- Betroffenes Bauteil (-e)
- Schadenverlauf und -folgen
- Verantwortlichkeiten und Kosten

Schwerpunkt der Auswertung war die statistische Auswertung der Daten, die Dokumentation in Form grafischer Darstellungen sowie deren Bewertung. Dabei wurden insbesondere folgende Aspekte betrachtet:

- Art und Umfang der Schäden
- Schadenbilder
- Ursachenzuordnung
- Auswirkungen und
- Empfehlungen für die am Bau Beteiligten.

4 Klassifizierung der Untersuchungsergebnisse

Die im Rahmen der Gemeinschaftsstudie untersuchten exemplarischen Mängel und Schäden beim energieeffizienten Bauen und Modernisieren sind als typische Schadenfälle dieser Kriterienkombinationen zu bezeichnen. Sie wurden auf der Grundlage folgender Kriterien aus der Datenbasis der bei der AIA AG gemeldeten Schäden sowie Schadengutachten der Bauherrenberater des BSB und Schadengutachten des IFB selektiert:

- Gebäudeart: Wohngebäude, öffentliche Gebäude und Gewerbebauten
- Schadenort: Energiesparende Maßnahmen am gesamten Gebäude
- Schadeneintritt: 2007-2010
- Schadenbild: Mängel bei der Wärmedämmung / Luftdichtheitsprobleme / mangelhafte Berechnungen / Wärmebrücken / Montage bzw. Dimensionierung von Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien usw.
- Ursachen: fehlende oder fehlerhafte Planung, Berechnung und Bauleitung / fehlerhafte Ausführung usw.

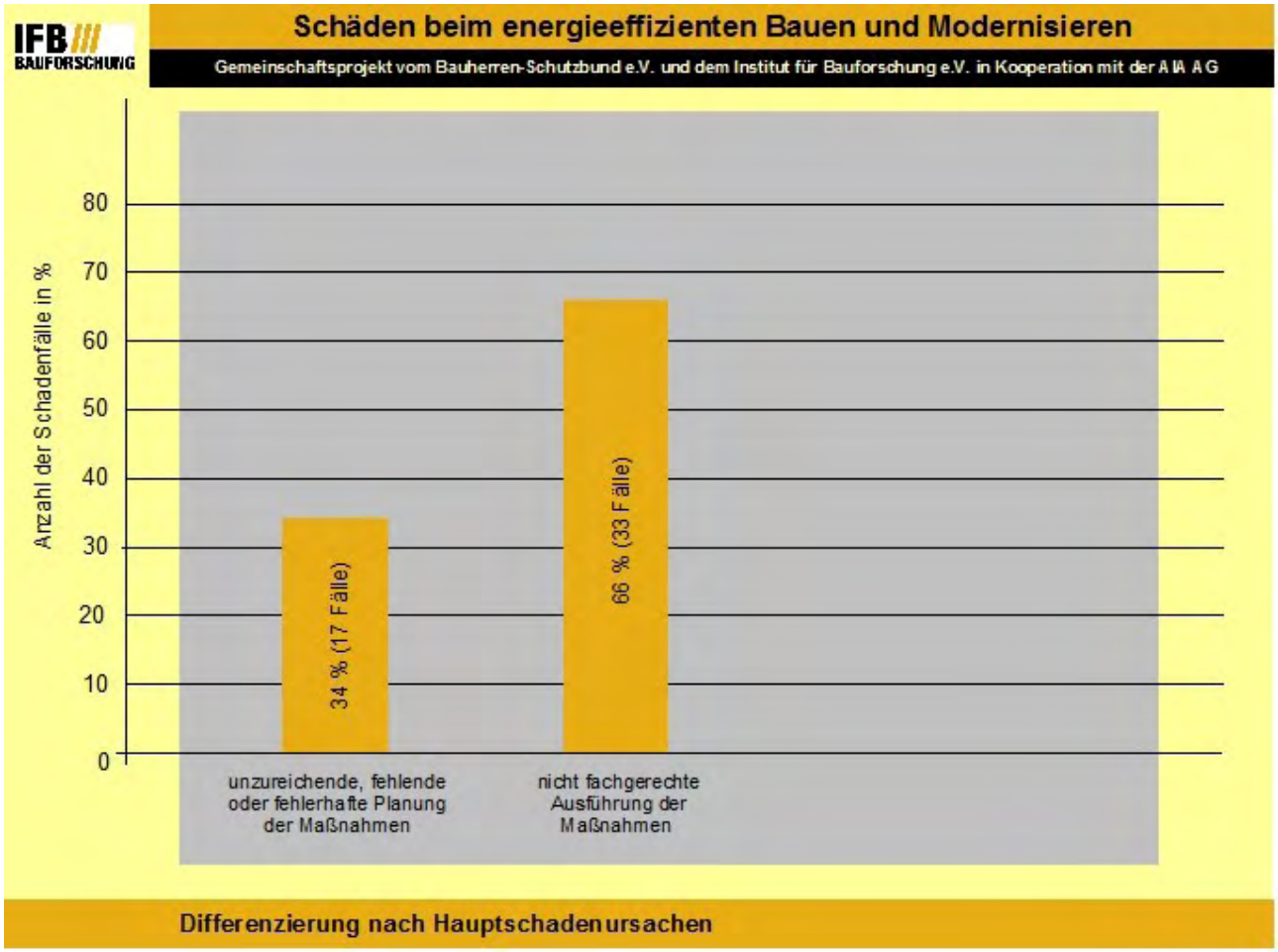


Abb. 1: Zuordnung nach Hauptschadenursachen

In der ersten Auswertungsebene wurden die untersuchten Schadenfälle klassifiziert. Dieses erfolgte dahingehend, dass die Fälle den jeweiligen Schadenursachen, die den Erfahrungen aus der Planungs- und Baupraxis entsprechen, zugeordnet wurden. Die prozentuale Zuordnung zu den Bereichen *Unzureichende oder fehlende Planung der Maßnahmen* bzw. *nicht fachgerechte Ausführung der Maßnahmen* ist der Grafik in Abb. 1 zu entnehmen.

Die Auswertung ergab, dass fast 2/3 (66 %) der untersuchten Schadenfälle auf eine nicht fachgerechte Ausführung der Baumaßnahmen zurückzuführen ist. Der zweite große Anteil der untersuchten Schäden (34 %) resultiert aus einer unzureichenden oder fehlenden Planung der Maßnahmen, wobei hier auch Schäden aufgrund einer mangelhaften Vorplanung eingeschlossen sind.

5 Planungsfehler

Als Planungsfehler werden in der planerischen und baulichen Praxis Fehler an Architekten- bzw. Ingenieurleistungen bezeichnet, die Grundlage baulicher Maßnahmen sind. Im Detail handelt es sich z. B. um fehlende oder mangelhafte Planungen durch Verstoß gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik, unzureichende oder fehlende Voruntersuchungen im Rahmen der Vorplanung oder Planung sowie fehlende oder fehlerhafte Berechnungen. Beim energiesparenden Bauen und Modernisieren sind dies insbesondere fehlende oder fehlerhafte Planungen im Bereich Wärmedämmung, fehlerhafte bzw. fehlende Wärmeschutzberechnungen oder mangelhafte Planungen im Bereich der Haustechnik, besonders beim Einsatz regenerativer Energietechniken. Grundlage sind dabei alle örtlichen, öffentlich-rechtlichen und vertraglichen Randbedingungen sowie die technischen Erfordernisse, die sich aus den allgemein anerkannten Regeln der Technik ableiten.

5.1 Differenzierung

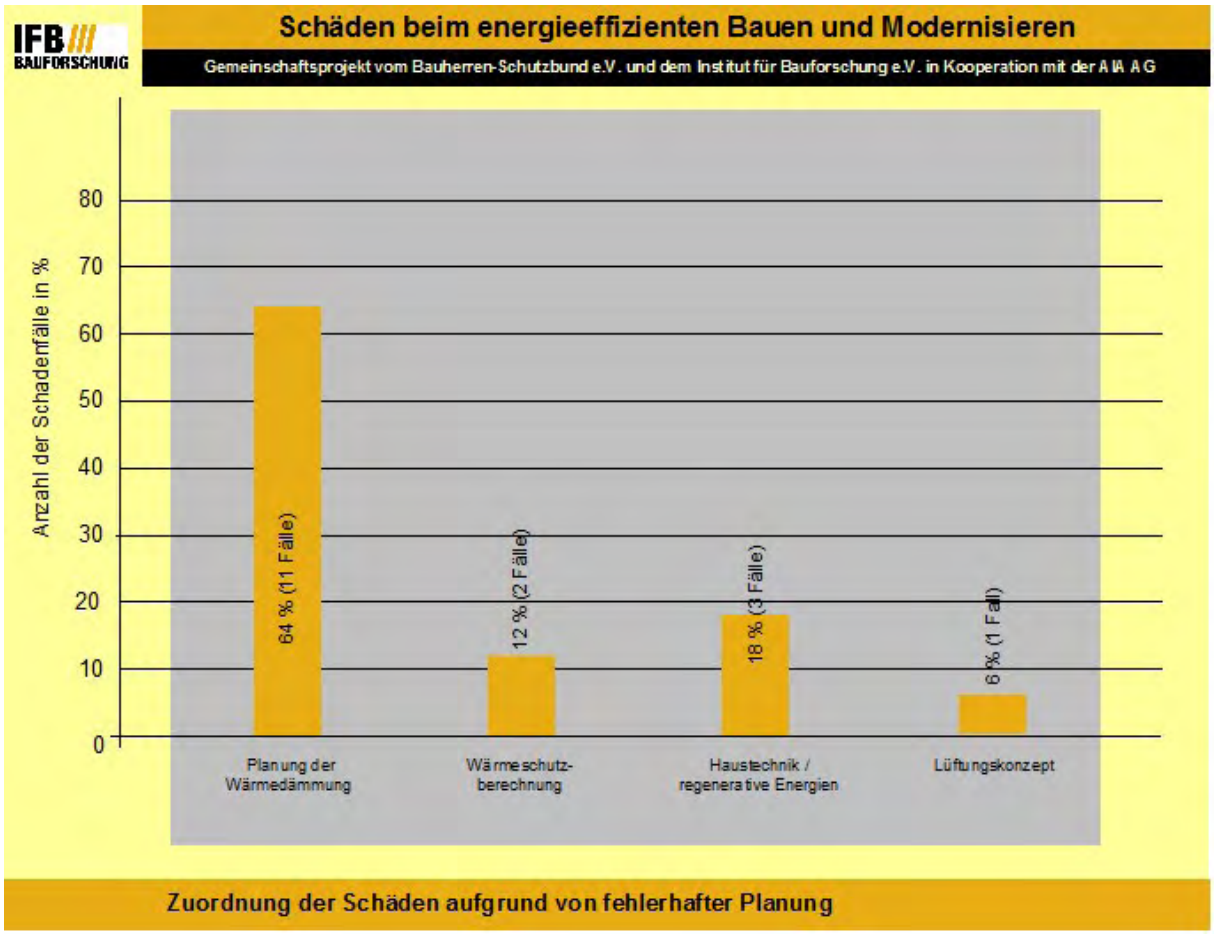


Abb. 2: Zuordnung der Schäden aufgrund von fehlerhafter Planung

Der differenzierten Zuordnung in der zweiten Auswertungsebene (vgl. Abb. 2) ist zu entnehmen, dass der Schwerpunkt der Planungsfehler mit 64 % der untersuchten Mängel und Schäden im Bereich von fehlerhafter Planung der Wärmedämmung liegt. 18 % der Planungsfehler resultieren aus mangelhaft konzipierter Haustechnik, wobei haustechnische Anlagen fehlerhaft dimensioniert bzw. der Einsatz erneuerbarer Energien nicht fachgerecht geplant wurden. Doch auch Berechnungen, die zu fehlerhaft dimensionierten Dämmschichtdicken führen oder ein fehlendes Lüftungskonzept können Mängel bzw. Schäden an Gebäuden verursachen. Die langjährigen Erfahrungen im Bereich der planungs- und baubegleitenden Qualitätssicherungstätigkeit des IFB bestätigen dieses Ergebnis.

Bei der Bewertung der Luftdichtheitsmängel wurde berücksichtigt, dass die DIN 1946-6:2009-05: Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung erst seit Mai 2009 als anerkannte Regel der Technik gilt und somit veränderte Anforderungen gelten.

5.2. Schadenschwerpunkte

Schadenschwerpunkte im Planungsbereich stellen beim energieeffizienten Bauen und Modernisieren die mangelhafte Planung der Wärmedämmung (überwiegend WDVS) und der technischen Anlagen dar.

Schadenschwerpunkte bei der Wärmedämmung

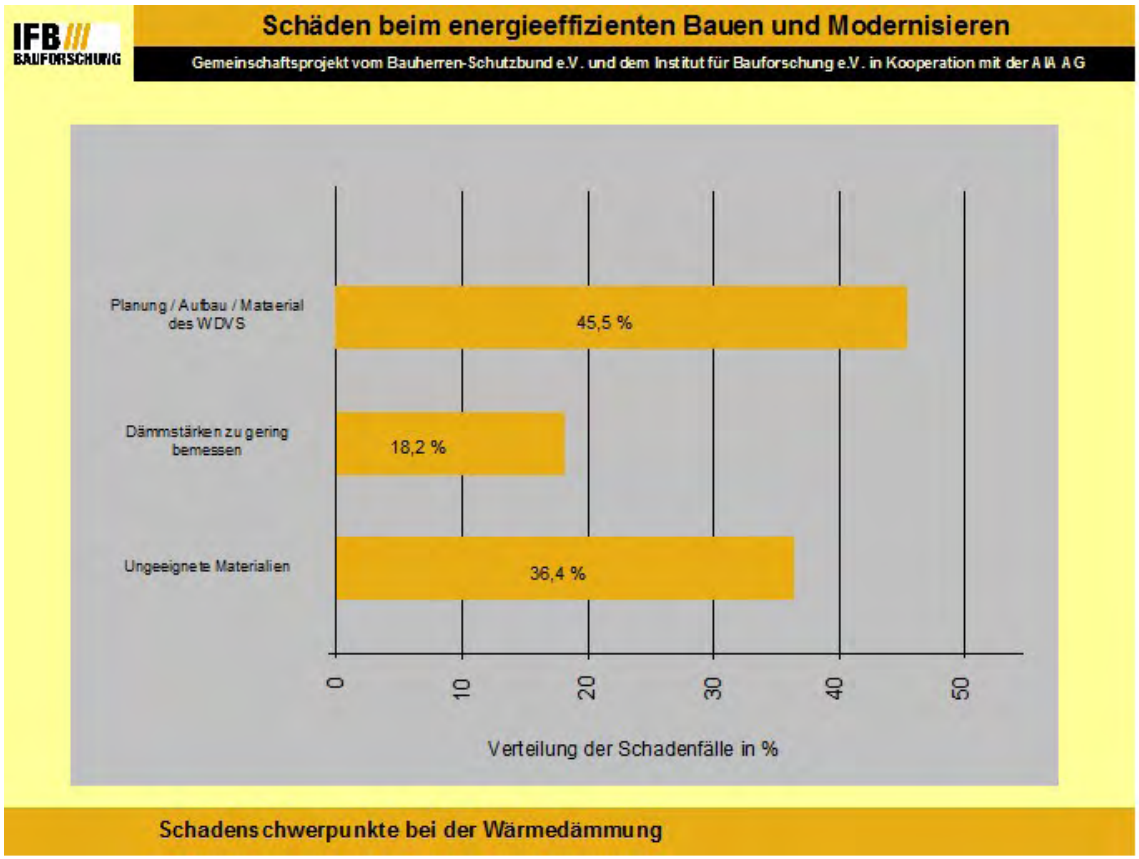


Abb. 3: Schadenschwerpunkte bei der Wärmedämmung

Im Bereich der Wärmedämmung ist insbesondere beim WDVS eine Häufung der Planungsfehler festzustellen. Die überwiegende Anzahl der Fehler betreffen die Planung bzw. Ausschreibung nicht systemkonformer Teile, d. h. es wird der Einsatz von Produkten geplant, die nicht aufeinander abgestimmt und insbesondere nicht zugelassen sind. Die Unverträglichkeit der einzelnen Komponenten untereinander ist die Folge. Dies hat wiederum zu Schäden, wie z.B. zur Ablösung der Wärmedämmung vom Untergrund, Rissen auf der Putzfläche oder Unebenheiten der Fassade, geführt.

Ein weiterer Schwerpunkt der Planungsfehler ist die zu geringe Bemessung der Dämmschichtdicke. Dies führt dazu, dass das Gebäude den geplanten energetischen Standard nicht erfüllt, was

sich unter anderem negativ auf die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes auswirkt. Zusätzlich führen Wärmebrücken zu Feuchte- und Feuchtefolgeschäden.

Weitreichende Folgen hatte die Planung des Einsatzes ungeeigneter Materialien vor allem dann, wenn Materialien geplant, ausgeschrieben und verwendet werden, die für den jeweiligen Einsatzort und -zweck nicht zugelassen sind. Bei der Auswertung der Schadenfälle wurde z.B. ein Dämmsystem geplant, das für die Herstellung einer Spaltklinkerfassade geeignet sein sollte. Ausgeschrieben wurde dagegen ein System, welches ausschließlich die Herstellung einer Putzfassade oder einer Fassade mit Flachverblendern zulässt, was zu Mehrkosten für ein funktionstüchtiges System geführt hat. In einem weiteren Fall wurde für ein Gebäude, dessen Keller dauerhaft im Grundwasser steht, eine Perimeterdämmung geplant und eingebaut, bei der sich laut technischer Zulassung bei dauerhaftem Verbleib im Wasser der Wärmedämmwert aufgrund von Wasseraufnahme um 20% vermindert. Hier wurde für das Erreichen der notwendigen Wärmedämmwerte der Einbau einer zusätzlichen Innendämmung notwendig.

Die Auswertung zeigt, dass ein erfolgreiches Bau- und Modernisierungsergebnis eine fach- und sachgerechte Planung voraussetzt. Im Bereich der Wärmedämmung ist die Mangelhäufigkeit hoch, zudem ist die fehlerhafte Bauteilfläche bezogen auf das Gesamtgebäude relativ groß, so dass sich das Ausmaß der Mängel und Fehler bei Wärmedämmmaßnahmen sowohl direkt wirtschaftlich (Steigerung der Energiekosten) als auch indirekt wirtschaftlich (Schäden mit erforderlichen Schadenbeseitigungskosten) auswirkt.

Schadenschwerpunkte bei der Haustechnik

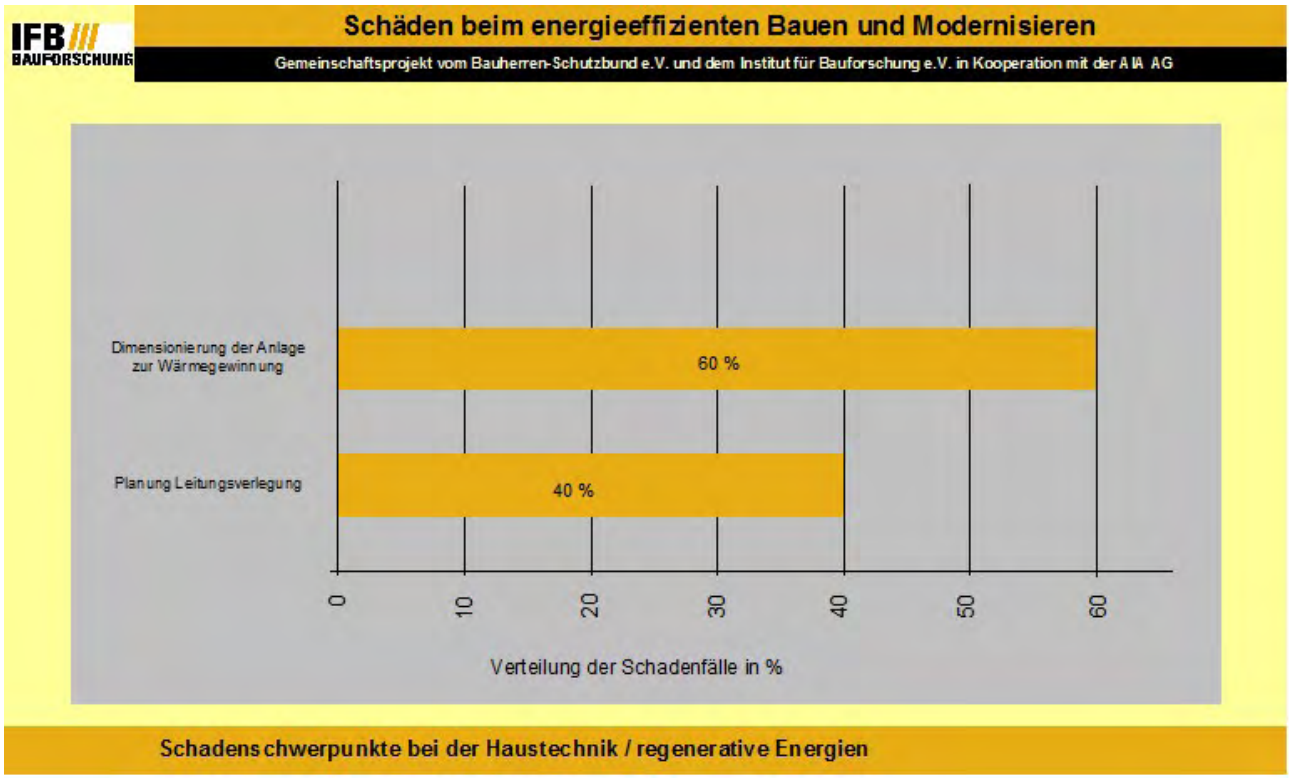


Abb. 5: Schadenschwerpunkte bei der Haustechnik

Planungsfehler treten bei der Haustechnik insbesondere bei der Dimensionierung der Anlage auf. Dies führte dazu, dass Gebäude nur unzureichend beheizt wurden oder dass die für den Notfall (für mit regenerativen Energien beheizte Gebäude) eingebauten strombetriebenen Zusatzheizungen die Heizungsanlage im Dauerbetrieb unterstützen müssen. Die Folge sind hohe Stromkosten.

Auch bei der Haustechnik und insbesondere beim Einsatz regenerativer Energien für die Beheizung von Gebäuden und die Bereitstellung von Warmwasser ist die Planung vor Beginn der Ausführung einer detaillierten Prüfung auf Schlüssigkeit zu unterziehen. Die Anlagentechnik kann nicht separat betrachtet werden, sie ist exakt auf das zu versorgende Gebäude anzupassen.

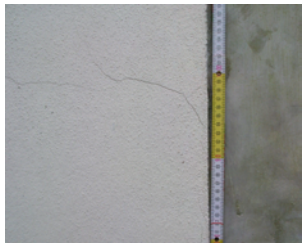
Planungsfehler wirken sich hier negativ auf das Behaglichkeitsempfinden der Bewohner, die Wirtschaftlichkeit der haustechnischen Anlagen und auf die gesamte Funktionsfähigkeit des Gebäudes aus.

5.3. Schadenbeispiele

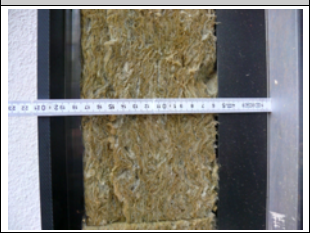
Nachfolgend werden typische Schäden dargestellt, die durch Planungsfehler verursacht wurden.

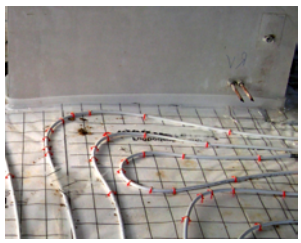
Die Unterteilung der ausgewerteten Planungsmängel erfolgt gemäß der Schadenzuordnung aus Abb. 2.

Die Fotodokumentation zu den einzelnen Planungsfehlern ist beispielhaft!

Planungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Wärmedämmung / WDVS	Mangelhafter sommerlicher Wärmeschutz	An den Scheiben des Windfangs wurden regelmäßig große Mengen Kondens-wasser festgestellt, die bis zum Boden abliefen	• Gebäudemodernisierung / Umnutzung • Windfang im OG weist im Sommer größere Mengen Kondenswasser auf („beschlagene Scheiben“) • Wasser läuft bis auf den Boden • Ursache: Fehlerhafte Planung des sommerlichen Wärmeschutzes	
	Fehlerhafte Di-mensionierung des WDVS	Planung einer zu ge-ringen Dämmdicke des WDVS für das beantragte kfW-Effizi-enzhaus	• Zielsetzung: Nutzung von Fördermit-teln der kfW-Bank (kfW-Effizienzhaus) • Berechnung / Planung der Wärme-dämmmaßnahme fehlerhaft • Ausführung der zu geringen Dämm-schichtdicke • Verweigerung der Fördermittelauszah-lung	
	Fehlende Sys-temkonformität des WDVS	Rissbildung auf der Putzoberfläche des eines WDVS	• die Planung eines WDVS schrieb ein in Deutschland zugelassenes Produkt vor • zur Ausführung kamen Teile zweier unterschiedlicher Systeme (Dämmplat-ten, Putz) • der Putz war nicht kompatibel mit den übrigen Teilen des WDVS	

Planungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Wärmedämmung / WDVS	Mangelhafte Planung einer homogenen Wärmedämmung	Wärmebrücke an den Außenwänden Nicht erfüllter Mindestwärmeschutz	• Umbau und Modernisierung eines ehemals landwirtschaftlichen Anwesens • eine Treppenhaus-Außenwand wurde nicht wärmegedämmt, nur neu verputzt • Schimmelpilzbefall im Innenraum und erhöhte Heizkosten waren die Folge • die Beschaffenheit entspricht nicht den Anforderungen der geltenden EnEV 2007	
	Verwendung ungeeigneter Wärmedämmung	Das geplante und ausgeschriebene WDVS ist nicht für die vereinbarte Ausführung an der Fassade geeignet und zugelassen	• vereinbart war die Ausführung eines Dämmsystems, das für die Herstellung einer Spaltklinkeroberfläche geeignet ist • aufgebracht wurde ein System, das lediglich die Herstellung mit einer Putzfassade oder Flachverblendern zulässt • Putzfassade wurde ausgeführt • Folge: dauerhaft erhöhter Wartungsaufwand an der Fassade	
	Verwendung einer ungeeigneten Perimeterdämmung	- Planung und Ausschreibung einer ungeeigneten Perimeterdämmung im Kellerbereich eines Gebäudes, Versäumnis der Zulassungsprüfung	• vereinbart war, der Einbau einer Perimeterdämmung, die regelkonform für die dauerhafte Belastung durch Grundwasser geeignet sein muss • geplant wurde der Einbau eines ungeeigneten Materials, • Folge: Verschlechterung der Wärmedämmwirkung um ca. 20% aufgrund von Wasseraufnahme	
	Fehlerhaft geplantes WDVS	- Feuchteerscheinungen und Schimmelpilzbildung in den Raumecken	• die an den Wohnzimmerfußboden eines Einfamilienhauses angrenzende Kelleraußenwand wurde im Zuge einer Wärmedämmmaßnahme nicht gedämmt, die Folge waren Feuchteerscheinungen und Schimmelpilzbildung in den angrenzenden Raumecken	
	Nicht ausreichend beachtete Wärmebrücke im Sockelbereich	- Schimmelpilzbefall an diversen Wandflächen	• geplant und ausgeführt wurde die Wärmedämmung der Außenwände • die Wärmedämmung wurde nur bis auf die Höhe der Kellerdecke geführt • Auftreten von Schimmelpilzbefall an Außenwänden des Gebäudes nach der Modernisierung • im Sockelbereich ist der Mindestwärmeschutz nicht erfüllt (Wärmebrücke)	

Planungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Berechnungen	Fehlerhafte Berechnung des Wärmeschutznachweises	- Gebäude erfüllt die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 55 nicht, Wärmedämmung der Außenwände wurden zu gering bemessen	• Ziel war KfW- Effizienzhaus 55 • Planung erfüllte Anforderungen wegen zu geringer Dämmstärken der Außenwände nicht • Fehler wurde erst nach Versand der Ausschreibungsunterlagen bemerkt	

Planungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Haustechnuk / regenerative Energien	Unterdimensionierung der Wärmepumpenanlage	- hoher Stromverbrauch aufgrund unzureichender Heizleistung, Beheizung des Gebäudes hauptsächlich durch strombetriebene Zusatzheizung	• Niederdruck des Kältekreislaufs, daraufhin Abschaltung der Anlage • Beheizung des Gebäudes ausschließlich durch Zusatz-Elektroheizung, da Wärmepumpe abgeschaltet • zu geringer Betriebsdruck im Kältekreislauf • Heizleistung der Wärmepumpe im Hinblick auf die errechneten Heizlasten unterdimensioniert	
	Fehlerhaft geplante Verlegung und Wärmedämmung der Heizleitungen	- Fremdwärmeeintrag in andere Räume	• unkontrollierte Aufheizung von Räumen bzw. Fußbodenoberflächen in der Nähe von Heizleitungen und Trinkwarmwasserleitungen • Verwendung von Rohrleitungsdämmung unzureichender Dämmstärke	
	Nicht fachgerechte Planung der Heizkreisanordnung	- behagliche Temperaturen werden in den Wohnräumen nicht erreicht	• Leitungsverlauf der Heizkreise nicht fachgerecht • Folgen für die thermische Behaglichkeit	

Planungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Lüftung	Fehlendes Lüftungskonzept	- Schimmelbildung in diversen Ecken des Neubaus	• es wurde kein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 erstellt, • die notwendige nutzerabhängige Be- und Entlüftungsanlage wurde nicht geplant und ausgeführt • Folge: Feuchte- und Schimmelpilzschäden	

5.4. Typische Schadenbilder und Folgen

Nachfolgend werden typische Schadenbilder im Bereich der Planung und mögliche Folgen dieser Mängel (Zusatzkosten, Gebäudeschäden, Mehrverbrauch an Energie etc.) aufgezeigt. Soweit nicht gesondert ausgewiesen sind jeweils Bruttopreise bzw. Bruttokosten angegeben.

5.4.1 Nichterreichen der KfW-Fördervoraussetzungen

Die Nichteinhaltung von KfW-Förderkriterien kann dazu führen, dass eine bereits erteilte Bewilligung zur Förderung eines Bauvorhabens mit Krediten zu günstigen Zinskonditionen zurückgezogen wird. Eine finanzielle Zusatzbelastung für teurere Kredite kann die Folge sein. Darüber hinaus können weitere Mangelfolgeschadenpositionen in Betracht kommen, z.B. erhöhte Energiekosten beim Betrieb des Hauses oder die Nichterlangung von Wohnkomfort bzw. ein allgemeiner Minderwert der Immobilie wegen Nichteinhaltung des KfW-Standards.

Beispiel:	**Dimensionierung des WDVS falsch / Nichterreichung eines vereinbarten KFW-Standards**
Ziel	In dem vorliegenden Schadenfall war bei einem Bauvorhaben (5 Bestandsgebäude) zwischen dem Bauunternehmen und dem Besteller die Erreichung des „KfW-Standards 70“ vereinbart worden. Der Bauherr stellte vor Beginn des Bauvorhabens einen entsprechenden Antrag auf Darlehensförderung bei der KfW-Bank (Energieeffizient Bauen, Programm 153).
Schadenfall	Nach Abschluss der Modernisierungsmaßnahmen konnte die Einhaltung der KfW-Kriterien nicht beigebracht werden, eine Nachbesserung war unmöglich bzw. unzumutbar. Die Möglichkeit der Inanspruchnahme eines KfW-Kredits in Höhe von 328.000,00 € zu besonders günstigen Zinskonditionen (1,51 % bei einer Laufzeit von 10 Jahren, 2 Jahre tilgungsfrei) für den Bauherren entfiel. Stattdessen musste dieser einen Kredit in gleicher Höhe zu banküblichen Konditionen (zu der Zeit 3,6 % Zinsen) aufnehmen.
Ursache	Abweichungen bei der Planung und Berechnung: – bei der KfW-Bank beantragt war die Förderung für ein WDVS mit einer 14 cm dicken Außenwanddämmung (WLS 035) – geplant und eingebaut wurde eine 12 cm dicke Dämmung (WLS 035)
Folgen	Die Mehrkosten für den Kredit beliefen sich für den Bauherrn gemäß Berechnung seiner Hausbank auf insgesamt <u>34.300,00 € brutto.</u> Weitere Folgen bei der Nichteinhaltung des KfW-Standards: – erhöhte Energiekosten beim Betrieb des Hauses – Mängel bei der Behaglichkeit der Räume
Zusätzliche Energiekosten	**88,00 € pro Jahr**
	2.365,00 € in 20 Jahren (bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 3%)
Mehrkosten Kredit	**34.300,00 € brutto**

Obwohl es sich beim vorgenannten Schadenfall bei der Dämmschichtdicke nur um eine Differenz von 2,0 cm handelt, sind die Mehrkosten für den teureren Kredit erheblich, dazu kommen zusätzliche Energiekosten.

5.4.2 Mangelfolgeschäden mit zusätzlichen Schadenbeseitigungskosten

Mängel, insbesondere bei der Wärmedämmung eines Gebäudes, wie z.B. fehlende oder zu gering dimensionierte Wärmedämmung, können neben Wärmeverlusten Baumängel zur Folge haben. Die Oberflächentemperaturen auf der Innenseite solcher Bereiche liegen in der Regel deutlich niedriger als in den angrenzenden Bereichen, insbesondere an konstruktiven Wärmebrücken (z.B. Aussenwandecken), materialbedingten Wärmebrücken (z.B. Stahlstützen) oder komplett ungedämmten Wandflächen. Hier können sie in Abhängigkeit von den Randbedingungen (Außen-/Innen-/Grenztemperaturen) das Risiko der Kondensation der Raumluftfeuchte bergen, was zu Durchfeuchtung der Bauteile bis hin zu Schimmelpilzbefall führen kann. Die Beseitigung der Ursachen, aber auch die Beseitigung der Mangelfolgeschäden, wie z.B. das Entfernen des Schimmelpilzbefalls und die Bauteiltrocknung, bergen ein erhebliches Kostenrisiko.

Beispiel	**Mangelhafte Dämmung eines Treppenhauses**
Ziel	Ein ehemals landwirtschaftlich genutzter Gebäudekomplex wurde saniert und zu einem Mehrfamilienhaus mit 3 abgeschlossenen Wohnungen umgebaut. Ein Teil der alten Gebäude blieb bestehen, ein Großteil der Baukörper wurde zurück gebaut und anschließend nach neuen Plänen neu erstellt.
Schadenfall	Nach kurzer Nutzungsdauer des Gebäudes kam es zu partiellem Schimmelpilzbefall. Darüber hinaus war der Heizenergiebedarf des Gebäudes in der Heizperiode ungleich höher als zuvor berechnet.
Ursache	Untersuchungen ergaben, dass die Dämmung fehlerhaft geplant wurde. Die noch bestehende Treppenhaus-AW wurde nicht gedämmt, sie wurde nur verputzt, Wärmebrücken an dieser Wand waren die Folge. Die Wärmebrückenberechnung belegt, dass der Mindestwärmeschutz nach EnEV 2007 nicht eingehalten wurde.
Folgen	Die niedrigen Oberflächentemperaturen der ungedämmten Wandflächen führten zu Schimmelpilzbefall. Um den Schaden am Gebäude zu beseitigen, sind folgende Maßnahmen durchzuführen: – Schimmelpilzbefall entfernen (incl. aller zusätzlichen Arbeiten wie Putzentfernung, Feinreinigung unter Beachtung der hygienischen Anforderungen incl. Abschottung und die Wiederherstellung der Innenwandflächen), sowie Freimessung – fachgerechte Trocknung der durchfeuchteten Bauteile – Planung und Ausführung einer angepassten, fachgerechten Wärmedämmung
Mangelbeseitigungskosten	**227.000,00 € brutto**

Das energetisch modernisierte Gebäude funktioniert aufgrund fehlerhafter Planung nicht. Die ungedämmten Flächen des Gebäudes stellen Wärmebrücken dar, an denen es im Rahmen der Nutzung zu Feuchteerscheinungen und Schimmelpilzbefall kam. Die Kosten für die Beseitigung der Schadenursache sowie die Mangelfolgeschäden sind aufgrund des Ausmaßes immens.

Um Folgen dieser Art zu vermeiden, sind die erforderlichen Mindestoberflächentemperaturen gemäß DIN 4108-2: 2003-04 als auch die wärmedämmtechnischen Anforderungen der geltenden Energieeinsparverordnung zur Vermeidung kritischer Oberflächentemperaturen zu prüfen und bei der Planung entsprechend zu berücksichtigen.

Beispiel:	**Perimeterdämmung ungeeignet / falsche Materialwahl**
Ziel	Geplant und ausgeschrieben wurde für ein Neubauprojekt eine Perimeterdämmung im Bereich der Kelleraußenwände. Die Perimeterdämmung sollte für die dauerhafte Belastung durch Grundwasser geeignet sein.
Schadenfall	Nach Fertigstellung stellte das verwendete Material als für den vorliegenden Lastfall ungeeignet heraus. Die Prüfung der bauaufsichtlichen Zulassung ergab, dass das Material für den Anwendungsfall nicht zugelassen ist. Die dauerhafter Belastung durch Wasser führt zu einer Wasseraufnahme des Materials. Die Wasseraufnahme des Dämmstoffs führt zu einer Verschlechterung des Dämmwertes um ca. 20%.
Ursache	Für das geplante und ausgeschriebene Material wurde die Prüfung der bauaufsichtlichen Zulassung versäumt.
Folgen	– Verringerung der Wärmedämmwirkung um 20% bei Wasseraufnahme - Gefahr von Schäden am Gebäude - Steigerung der Energiekosten – Notwendigkeit einer zusätzlichen Innenwanddämmung - Zusätzliche Kosten
Zusatzkosten für die Innenwanddämmung	**16.500,00 € brutto**

Wäre der Fehler nicht festgestellt und zur Schadenvermeidung eine zusätzliche Innenwanddämmung im Kellergeschoss des Gebäude angebracht worden, so wären über die entstandenen zusätzlichen Kosten für die Innenwanddämmung hinausgehend weitere Kosten z.B. für die Schadenbeseitigung bei möglicherweise auftretender Durchfeuchtung der Bauteile bzw. Schimmelpilzbefall entstanden. Darüber hinaus geht eine durchfeuchtete Dämmung i.d.R. mit geringerer Dämmwirkung einher, was wiederum zu steigenden Energiekosten führt.

5.4.3 Steigerung der Energiekosten durch Mehrverbrauch an Energie

Energieeffiziente Gebäude zeichnen sich durch eine lückenlos gedämmte und luftdichte Gebäudehülle aus. Weitere Maßnahmen zur Einsparung von Energie bestehen im Bereich der Wärmeerzeugung (Warmwasser und Heizung), der Lüftung und des Stromverbrauchs. Eine fehlerhafte Planung und Ausführung der Wärmedämmung der Gebäudehülle, wie auch eine fehlerhafte Berechnung der Anlagentechnik führen dagegen zu unerwünschten Wärmeverlusten und damit zu einem Mehrverbrauch an Energie.

Beispiel	**Fehlerhafte Heizlastberechnung / Wärmepumpenheizung falsch dimensioniert**
Ziel	Bei einem Neubauvorhaben wurde eine Wärmepumpe mit integriertem Warmwasserbereiter (180 l) für die Brauchwassererwärmung eingebaut. Die Heizungsanlage erhielt eine automatisch zuschaltbare Elektrozusatzheizung bei voller Ausschöpfung der Wärmepumpenkapazität. Vorgesehen war dabei, dass die Elektrozusatzheizung an wenigen, sehr kalten Tagen im Jahr die Zuheizung zur Deckung des Wärmebedarfs übernimmt, wobei von einer durchschnittlichen Betriebsdauer von insgesamt 5 Tagen a 24 Std. (gesamt 120 Std. p.a.) ausgegangen wurde.
Schadenfall	Die Annahme des Elektrozuheizbedarfs bestätigte sich nach dem 1. Jahr des Betriebes der Heizungsanlage nicht. Vielmehr war ein erheblich gesteigerter Einsatz der Elektrozusatzheizung zu verzeichnen. Allein im ersten halben Jahr des Betriebes fielen 809 Std. auf Zuheizstufe I (3 kW) und 287 Std. auf Zuheizstufe II (6 kW) an, was eine entsprechende Ursachenermittlung nach sich zog.
Ursache	Nach Feststellung des Sachverständigen stellte sich die Wärmepumpeanlage nach Ausschluss von Betriebs- und Montagefehlern als für das Objekt erheblich unterdimensioniert heraus.
Folgen	Zu den Folgen des Mangels zählen: – ein Strommehrverbrauch innerhalb des 1. Betriebsjahres bis zur Feststellung des Mangels: Die 2-stufige Elektrozusatzheizung benötigte im maßgeblichen Zeitraum insgesamt 4.572 kWh Strom gegenüber einem bei ordnungsgemäßer Dimensionierung anzunehmendem Maximalverbrauch von (120 Std. x 6 kW) 720 kWh. Geht man von einem im Jahr 2010 in Deutschland durchschnittlich geltenden Strompreis von 23.69 ct / kWh aus, ergibt sich insoweit ein rechnerischer Schaden (3.852 kWh x 23,69 ct) in Höhe von 912,54 €. – Sachverständigenkosten als Mangelfolgeschaden – Mangelbeseitigungskosten und Wiederherstellungskosten durch Innenausbaugewerke

Zusätzlicher Heizbedarf	**3.852 kW/h pro Jahr**
Zusatzkosten in 1 Jahr	**912,54 € pro Jahr brutto**
Kosten Gutachter	**1.500 € brutto**
Mangelbeseitigungskosten	**27.800 € brutto**

Wäre der der Mangel nicht zeitnah behoben worden, so hätten sich bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 3% beim Betrieb der Anlage über 20 Jahre zusätzliche Energiekosten für die Elektrozusatzheizung von rund 24.500,00 € ergeben.

6 Ausführungsfehler

Als Ausführungsfehler werden allgemein Verstöße bauausführender Firmen und Personen (z. B. beauftragte Bau- und Handwerksunternehmen, Handwerker) gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik bzw. die vertraglichen Vereinbarungen bezeichnet. Im Falle der Umsetzung einer offensichtlich fehlerhaften Planungsvorgabe wird auch dies als Ausführungsfehler bewertet, da der Baufirma der Vorwurf zu machen ist, ihrer Prüf- und Hinweispflicht nicht nachgekommen zu sein. Im Zusammenhang mit der Ausführung von Maßnahmen zum energieeffizienten Bauen und Modernisieren sind dies insbesondere die fehlende Luftdichtheit der luftdichten Ebene, fehlerhaft ausgeführte Wärmedämmung sowie die Nichtbeachtung von Material- und Verarbeitungsrichtlinien. Einzuhalten sind bei der Ausführung alle örtlichen, öffentlich-rechtlichen und vertraglichen Randbedingungen sowie die technischen Erfordernisse, die sich aus den allgemein anerkannten Regeln der Technik ableiten.

6.1 Differenzierung

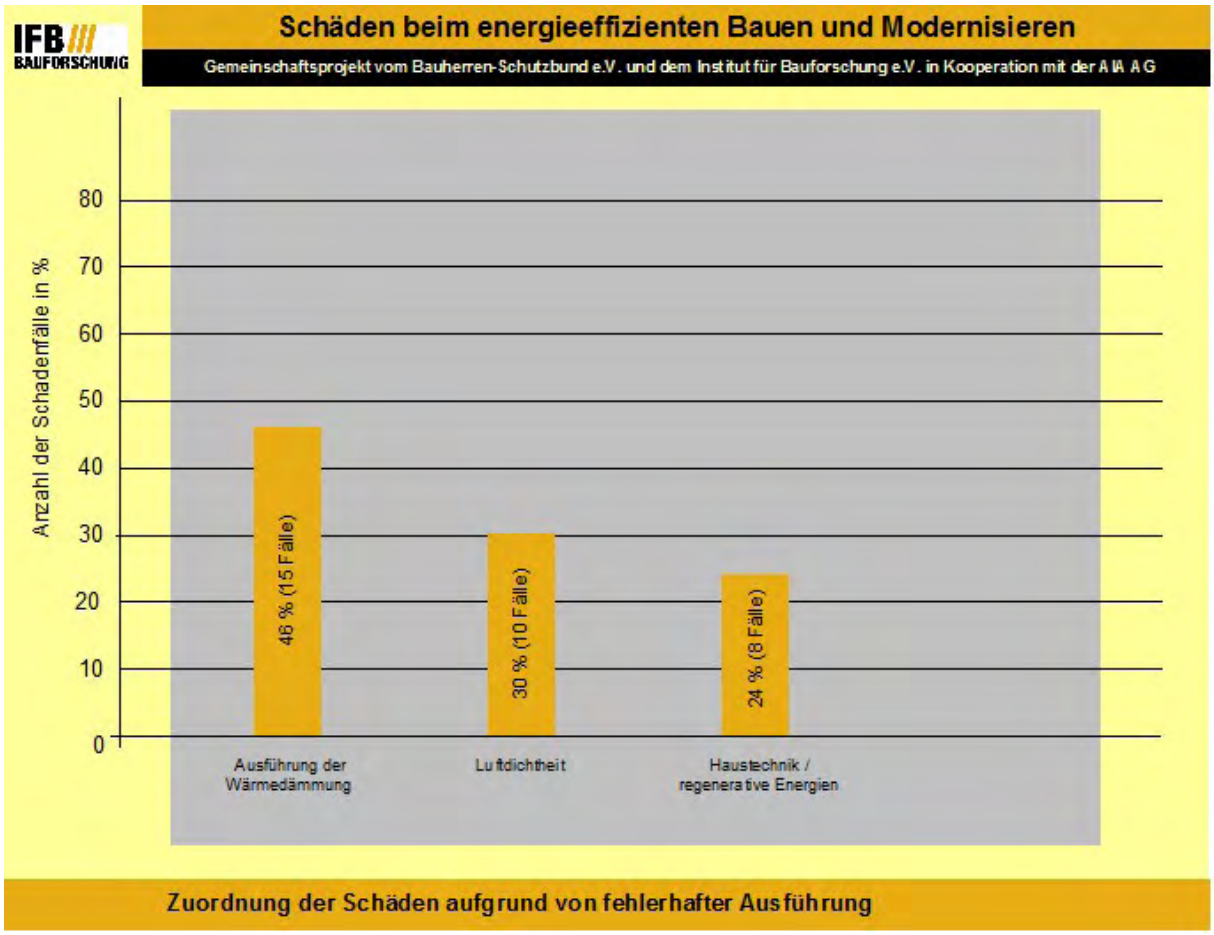


Abb. 5: Zuordnung der Schäden aufgrund von fehlerhafter Ausführung

Die Zuordnung der Ausführungsfehler (vergl. Abb. 5) zeigt, dass auch hier der Schwerpunkt der untersuchten Gutachten mit 46 % bei Fehlern in der Ausführung der Wärmedämmung liegt (z.B. Fehlstellen, Hohlräume, Befestigungen, Einbau unterschiedlicher Dämmstärken in einer Dämmebene). 30 % der Fehler sind auf eine fehlerhaft ausgeführte luftdichte Ebene, insbesondere mangelhaft ausgeführte Anschlüsse an flankierende Bauteile, zurückzuführen. Rund ¼ der ermittelten Fehler resultiert aus fehlerhaft ausgeführter Haustechnik, wobei hier die Verwendung ungeeigneter Materialien in der Anlagentechnik den Schwerpunkt der Mängel bildet.

Die Fehler beim Einbau regenerativer Energietechniken stellen einen neuen Mangelschwerpunkt dar, dies belegt auch die vorliegende Studie. Das Erneuerbare-Energien-Gesetzt (EEG) und sein Vorgänger, das Stromeinspeisungsgesetz von 1991, haben dafür gesorgt, dass erneuerbare Energien (EE) in Deutschland einen rasanten Aufstieg erfahren haben. Allerdings stellt die Umsetzung der neuen Technik Planer und Ausführende vor neue Herausforderungen. Für den optimalen Betrieb solcher Anlagen ist schon bei der Planung eine präzise Abstimmung auf das Gebäude notwendig, was eine zuverlässige Zusammenarbeit der Planer und Ausführenden sowie der einzelnen Gewerke untereinander erfordert.

6.2 Schadenschwerpunkte

Als Schadenschwerpunkte bei der Ausführung gelten laut vorliegender Auswertung insbesondere die Bereiche Wärmedämmung, Luftdichtheit und Haustechnik (regenerative Energien). Nachfolgend werden diese Bereiche detailliert betrachtet.

Schadenschwerpunkte bei der Ausführung der Wärmedämmung

Zu den Schadenquellen im Bereich der Wärmedämmmaßnahmen zählt die nicht fachgerechte Verklebung und Verdübelung des Dämmmaterials. Beispielsweise kam es bei einem der analysierten Bauvorhaben zu Feuchteerscheinungen an den von innen gedämmten Wänden, da die Dämmplatten entgegen den Verarbeitungsrichtlinien nur punktuell und nicht flächig auf dem Untergrund verklebt wurden. In weiteren Schadenfällen kam es zu Rissen und Unebenheiten an Fassaden, die mit einem WDVS versehen worden waren. Hier war die Verklebung nicht wirksam und die Dübelanzahl wurde für die fachgerechte Verdübelung zu gering bemessen. Infolge dessen kam es zur partiellen Ablösung des Dämmmaterials. Weitere Ursachen für die unzureichende Wärmedämmfunktion der Gebäudehülle, die Entstehung von Wärmebrücken und daraus resultierender Bauschäden sind z. B. zu geringe oder nicht homogene Wärmedämmdicken, Hohlräume, Fugen oder Fehlstellen.

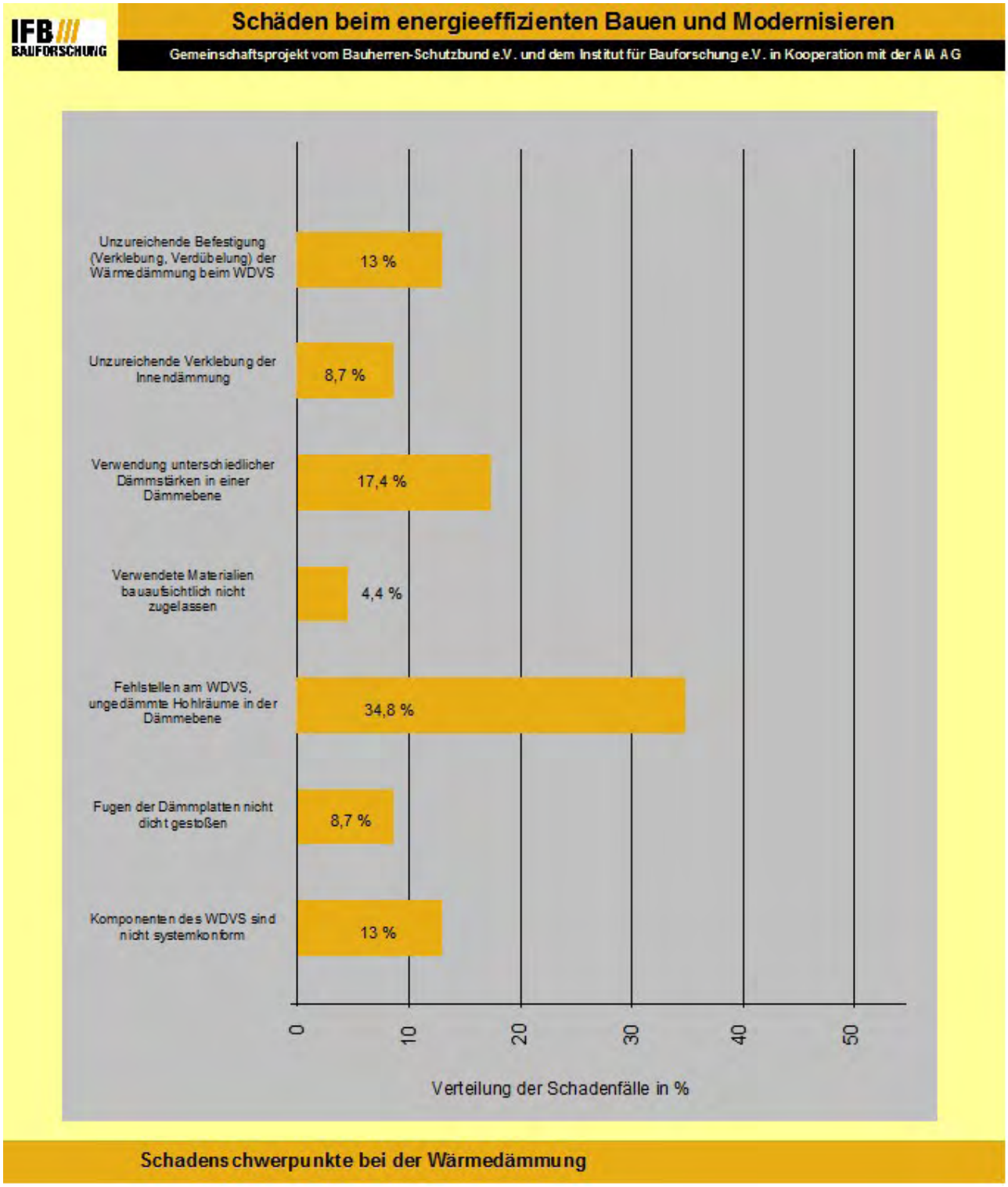


Abb. 6: Schadenschwerpunkt Wärmedämmung

Als Schadenschwerpunkte bei der Ausführung der Wärmedämmung haben sich mit ca. 35% Fehlstellen beim WDVS sowie ungedämmte Hohlräume in der Wärmedämmebene herausgestellt. Weitere Schwerpunkte liegen mit ca. 17% bei der Inhomogenität, mit 13% bei der fehlenden Systemkonformität sowie mit ca. 13% bei der fehlerhaften Befestigung der Wärmedämmung.

Schadenschwerpunkte bei der Luftdichtheit

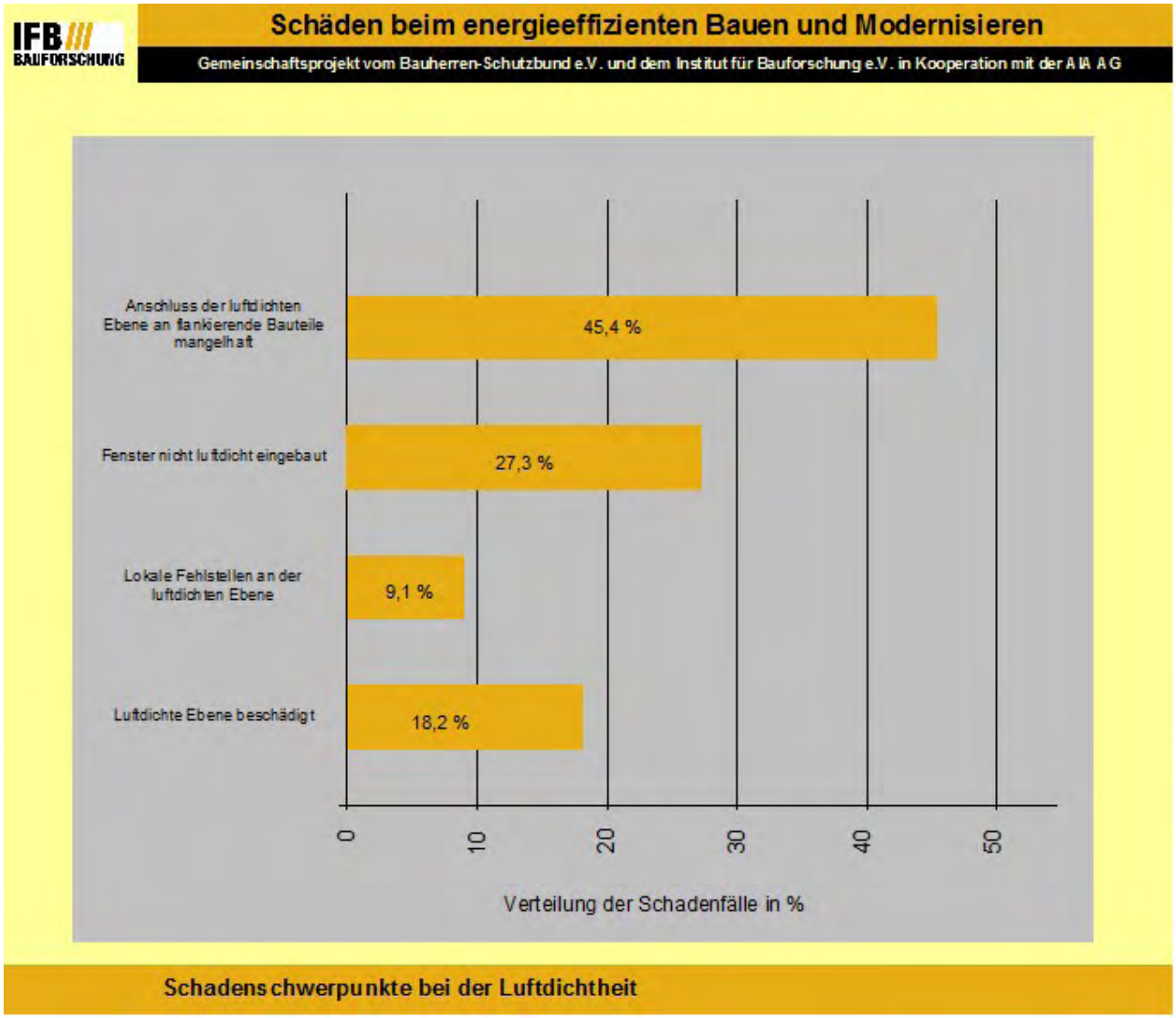


Abb. 7: Schadenschwerpunkt Luftdichtheit

Die Luftdichtheit eines Gebäudes gilt als weiterer Fehlerschwerpunkt bei der Ausführung im Bereich des energieeffizienten Bauens und Modernisierens. Hier ergab die Untersuchung, dass die Fehlerquote mit fast 50% der analysierten Ausführungsfehler bei den Anschlüssen an flankierende Bauteile besonders hoch ist (vgl. Abb. 7). Doch auch der nicht fachgerechte Einbau von Fenstern (27%) sowie die Beschädigung der Luftdichtheitsebene (i.d.R. durch nachfolgende Gewerke) wurden als Fehlerschwerpunkt im Bereich Luftdichtheit der Außenhülle von Gebäuden identifiziert.

Die Funktion der luftdichten Ebene eines Gebäudes ist einfach und kostengünstig mittels Luftdichtheitsprüfung (Blower-Door-Test) messbar. Diese Möglichkeit sollte, insbesondere vor dem Hintergrund Anforderungen an energieeffiziente Gebäude, zwingend genutzt werden.

Zudem kommt der kontrollierten Wohnungslüftung aufgrund der neuen gesetzlichen Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden, eine wachsende Bedeutung zu. Mit Hilfe moderner Lüftungstechnik lässt sich das Raumklima optimieren, die Luftfeuchtigkeit regulieren und Energie einsparen. Den Schwerpunkt bei der Wohnungslüftung bildet dabei die völlig neu gestaltete Lüftungsnorm DIN 1946-6:2009-05: Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, die seit 2009 in Kraft ist.

Schadenschwerpunkte bei Haustechnik / Nutzung regenerativer Energien

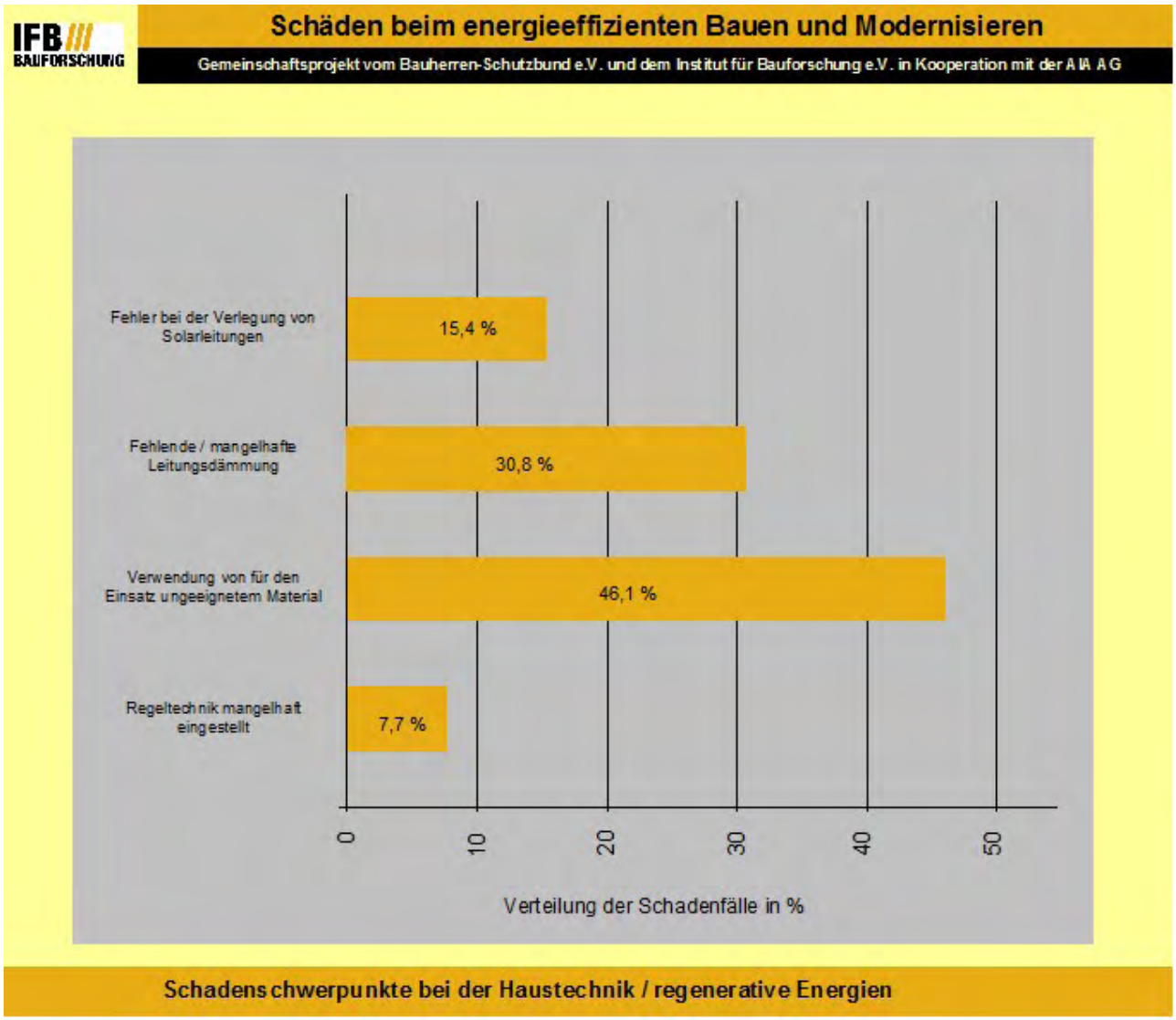


Abb. 8: Schadenschwerpunkt Haustechnik / regenerative Energien

Bei der Untersuchung des Bereiches der Haustechnik wurde analysiert, dass ca. 46% der Fehler auf den Einsatz von ungeeignetem Material zurückzuführen sind. Dies traf insbesondere auf den Bereich des Einsatzes der erneuerbaren Energien zu. Als weitere Schadenschwerpunkte wurden die unzureichende Wärmedämmung von Leitungen und die fehlerhafte Ausführung von Leitungen im Zusammenhang mit Solaranlagen identifiziert (vgl. Abb. 8).

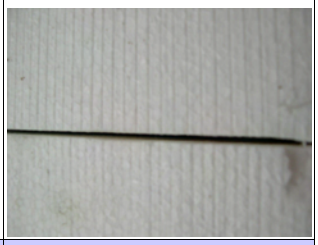
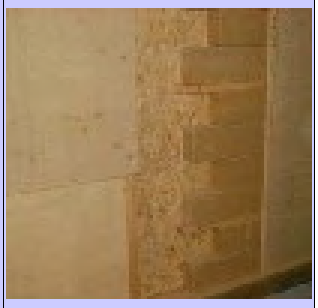
Um Mängel und Schäden im Bereich der regenerativen Energien zu vermeiden, sind diese Bereiche einer gezielten, terminlich abgestimmten Bauüberwachung zu unterziehen und auf Regelkonformität zu prüfen.

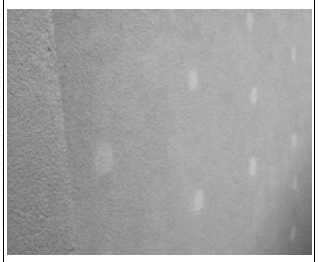
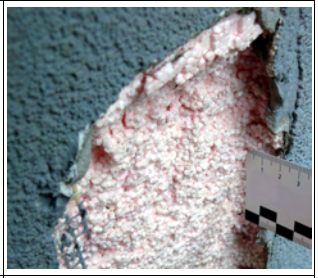
6.3 Schadenbeispiele

Nachfolgend werden typische Schäden dargestellt, die durch Ausführungsfehler verursacht wurden. Die Unterteilung der ausgewerteten Ausführungsmängel erfolgt gemäß der Schadenzuordnung aus Abb. 5.

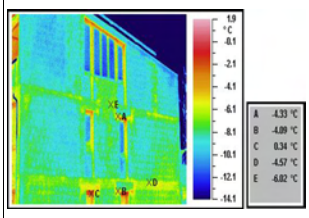
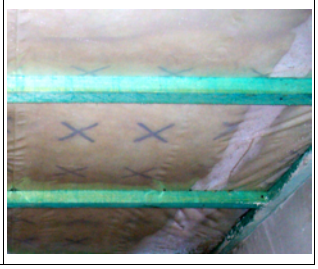
Die Fotodokumentation ist beispielhaft, aus Verfahrensgründen wurde kein Bildmaterial aus den Gutachten verwendet.

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Wärmedämmung / WDVS	Nicht fachgerecht ausgeführtes WDVS	- Rissbildung sowie diverse Mängel auf der gesamten Fassadenoberfläche des Gebäudes	• Rissbildung durch Verarbeitung des Putzes (Oberputz als gefilzter Glattputz) • außerdem: offene Plattenfugen, Höhenversätze durch die Verwendung unterschiedlich dicker Dämmplatten / fehlende Überlappung der Gewebematten / unregelmäßige Putzdicke / fehlende Zulassung der Gewebematten	
	Fehlerhafte Ausführung des WDVS bei Nichtbeachtung erforderlicher Randbedingungen	- Unebene Oberfläche des WDVS	• Ausführung der Fassadenarbeiten in den Wintermonaten mit zeitweiser Unterschreitung der Verarbeitungstemperaturen • nur Punkt-Verklebung statt Randwulst-Punkt-Verklebung • weite Fugen hinter dem Sockelprofil • zu geringe Armierungsschichtdicken • Komponenten des WDVS nicht systemkonform	

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache /-verlauf	Foto-dokumentation
Wärmedämmung / WDVS	Nicht fachgerechte Ausführung des WDVS	- Wärmebrücken aufgrund von Hohlräumen in der Dämmung - Mängel bei der Befestigung des Dämmsystems	• Fassadensanierung mit WDVS und Fenstererneuerung • an den Anschlüssen rund um die Fensterbleche und an der Brüstungsdämmung sind ungedämmte Hohlräume unterschiedlichen Volumens vorhanden • nach Fertigstellung wurde erfolglos versucht, die Hohlräume auszuschäumen • Verklebung und Verdübelung sind nicht fachgerecht: zu geringe Dübelanzahl (keine Standsicherheit und keine Risssicherheit) / keine wirksame Verklebung, Dämmmaterial löst sich partiell	 
	Fehlerhafte Verklebung einer Innendämmung an einer Außenwand	- Feuchteerscheinungen an den wärmegedämmten Außenwänden	• Mineralschaumplatten wurden als Innendämmung aufgebracht • die Befestigung erfolgte mit Klebemörtel in Punkt-/ Wulstverklebung (Anteil der Verklebung: 40%) • es kam zu Feuchteerscheinungen an den gedämmten Wänden • die Dämmplatten wurden entgegen den Verarbeitungsrichtlinien nur punktuell auf dem Untergrund verklebt • fachgerecht wäre eine vollflächige Verklebung notwendig gewesen (sicherer Haftverbund und Verhinderung der Hinterströmung der Platten)	
	Fehlerhafte Ausführung eines WDVS	- mangelhafte Winddichtigkeit - Feuchtigkeit in der Konstruktion	• die äußere Dampfbremse der Metallfensterkonstruktion wurde nicht fachgerecht montiert, keine Abdichtung zwischen Rohbau und Metallrahmenkonstruktion vorhanden • Hohlräume zwischen Rohbau, Metallkonstruktion und WDVS • unzureichende Befestigung des WDVS • unterschiedliche Dämmschichtdicken beim WDVS • Folge: Feuchtigkeit konnte in die Konstruktion eindringen	
	Fehlerhafter Anschluss eines WDVS an die Fensterbauteile	- Feuchte im WDVS am Fußpunkt der Rahmenkonstruktion	• partiell nicht ausreichende Verklebung / Verdübelung des WDVS, Kompribänder z.T. ohne Funktion • Verwendung unterschiedlicher Dämmschichtdicken • Ausführung nicht entsprechend der Detailplanung	

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache /-verlauf	Foto-dokumentation
Wärmedämmung / WDVS	Verwendung von Dübeln, die keine bauaufsichtliche Zulassung aufweisen	Dübel des WDVS zeichnen sich bei Temperaturschwankungen an der Oberfläche ab	• Befestigungsdübel des WDVS sind zu bestimmten Tageszeiten deutlich sichtbar • Verwendung von Dübeln ohne bauaufsichtliche Zulassung • aufgrund eines höheren Wärmedurchgangs im Bereich der Dübel trocknet dort die Oberfläche schneller ab, das führt zu Abzeichnungen • Risiko einer dauerhaften Beeinträchtigung vorhanden	
	Fehlerhafte Ausführung eines WDVS	- Fehlstellen und Wärmebrücken in der Wärmedämm- bzw. Putzschicht	• partiell fehlende Wärmedämmung in Bereichen der Fassade • homogene Wärmedämmung und Wetterschutz sind nicht sichergestellt	
	Fehlerhafte Ausführung eines WDVS	- Fehlstellen und Fugen in der Fassadendämmung	• Unterputz nicht gegen Niederschlag geschützt • Gittergewebe ist nicht mittig in den Unterputz eingebettet • Fehlstellen in der Dämmung im Bereich der Fenster • offene Stoßfugen, Dübel sind nicht in die Dämmschicht eingelassen	
	Nicht fachgerechte Ausführung des Übergangs der Wärmedämmung an der Fassade zum Dach	- Fehlstellen und Fugen in der Fassadendämmung	• lückenlose Verbindung der Fassadendämmung mit der Zwischensparrendämmung ist nicht gegeben • die Fehlstellen stellen Wärmebrücken dar, die zu Schäden am Gebäude führen können	
	Fehlerhafte Ausführung eines WDVS	- Wärmebrücken / Feuchteerscheinungen und diverse Ausführungsmängel - Optik des WDVS mangelhaft	• Dämmplatten bei der Eckausbildung z.T. nicht verzahnt • Wärmebrücken am Übergang zu anderen Bauteilen • Höhenversprünge bei zahlreichen Plattenstößen • bei Durchdringungen im WDVS fehlen die Kompribänder • Fugen der Dämmplatten sind nicht dicht gestoßen • Ausbruchstellen und abgestoßene Ecken an vielen Dämmplatten	

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Luftdichtheit	Mangelhafte Luftdichtheit	- Zugluft, störende Außengeräusche	• Undichtheiten an den Gummilippen-dichtungen führen zu Zugluft, Abkühlung des Rahmens und beginnender Schim-melpilzbildung sowie zu verstärkter Wahrnehmung der Außengeräusche	
	Mangelhafte Luftdichtheit	- Luftdichtheit ent-spricht nicht dem ge-planten Passivhaus-standard	• Leckagen bei der Ausführung der luft-dichten Ebene, Luftdichtheit für Passiv-hausstandard um 25% überschritten	
	Nicht fachge-rechte An-schlüsse der Dampfbremse an flankierende Bauteile, Nicht fachge-rechte Fenster-montage	- Bauteilanschlüsse im Hinblick auf die Anforderungen der Luftdichtheit mangel-haft	• Dampfbremse fehlerhaft eingebaut, nicht korrekt an flankierende Bauteile angeschlossen • Fenstermontage erfolgte nicht luftdicht • Leckagen wurden durch die Luftdicht-heitsprüfung nachgewiesen	
	Nicht fachge-rechte Ausfüh-rung der Winter-gartenvergla-sung	- Luftdichtheitsmes-sung nicht bestan-den, Luftwechselrate höher als vereinbart	• Ausführung weicht von der Ausschrei-bung ab • die Glaselemente sind in den Eckbe-reichen untereinander nicht gekoppelt	
	Nicht fachge-rechte Ausfüh-rung der luft-dichten Ebene des Daches	- Leckagen bei der Luftdichtheitsmes-sung	• die zur Herstellung der Luftdichtheit eingebaute Folie weist lokale Fehlstellen auf	

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Luftdichtheit	Mangelhafte Luftdichtheit	- Feuchteausfall an den Fensterlaibungen	• äußere Abdichtungsebene der Fenstermetallkonstruktion ist nicht sachgerecht befestigt, zwischen Fußpunkt und Rohbau gibt es keine fachgerechte Abdichtung, somit ist die Luft- und Winddichtheit nicht sichergestellt	
	Fehler und Mängel bei der Ausführung der luftdichten Ebene (Dachgeschoss-Ausbau)	- Thermografie zeigt Mängel bei der Dachsanierung	• Dampfsperre fehlt / ist am Zugang zum Kniestockspeicher nicht dicht an die angrenzenden Bauteile angeschlossen • Dampfsperre ist unzureichend am Kamin angeschlossen, Bewegungsfalte fehlt • Gefahr von Feuchteeintrag und Schimmelpilzbildung	
	Perforation der Dampfsperre	- durchfeuchtete Wärmedämmung im Dach	• bei den Innenputzarbeiten wurde die Dampfsperre an einigen Stellen beschädigt • das dahinter befindliche Dämmmaterial ist nachweislich feucht und erfüllt die Dämmeigenschaften nicht mehr in vollem Maße	
	Fehler und Mängel bei der Ausführung der luftdichten Ebene (Dachgeschoss-Ausbau)	- Feuchteerscheinungen im Innenraum	• Klammern zur Befestigung der Dampfbremse abgerissen, daraus resultierende Undichtheiten • zu lange Schrauben zur Befestigung der Lattung verwendet - Schraubenspitzen haben luftdichte Ebene beschädigt • Dampfbremse ist an den einbindenden Innenwänden raumweise unterbrochen	

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Haustechnuk / regenerative Energien	Fehler bei der Montage der thermischen Solaranlage	- Wärmeverluste	• Dämmung der Leitungen der thermischen Solaranlage ist nicht lückenlos • die Soleleitungen der Solaranlage sind nur teilweise mit Pressfittings, teilweise auch mit Lötfittings ausgeführt (dies ist bei Temperaturen über 110°C problematisch und daher nicht zulässig) • die Solaranlage ist ohne Blitzschutz ausgeführt	
	Mangelhafte Montage der Heizkörper und -leitungen	- Wärmeverluste, Korrosionserscheinungen, Undichtheiten	• Plattenheizkörper wurden ohne voreinstellbare Ventile oder Rücklaufverschraubungen ausgestattet (für hydraulischen Abgleich zwingend erforderlich) • undichte Verbindungen an Heizkörpern mit Korrosionserscheinungen • vereinzelt Pfützenbildung unter undichten Verschraubungen • vorgeschriebene Schalldämmeinlagen an Rohrschellen fehlen teilweise	
	Mangelhafte Verlegung der Leitungen der Solaranlage und stromführender Leitungen	- Risse im WDVS, da die Leitungen der Solaranlage innerhalb der Dämmebene des WDVS im Außenbereich verlegt wurden	• Solarleitungen und Elektrokabel wurden innerhalb des WDVS verlegt • das Verlegen der Leitungen im WDVS führt zu einer Schwächung der Dämmebene • Elektrokabel sind nicht für den Außenbereich geeignet (Gefahr eines Kabelbrandes) • trotz Dämmung der Solarleitungen erreichen die Kabel Temperaturen über 100 °C, WDVS ist für max. 90°C ausgelegt • jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen führen zu Spannungen im WDVS, mit der Folge von Rissbildungen	
	Mangelhafte Ausführung der Rohrverbindungen und Rohrdurchführungen	- Feuchteausfall im Bereich des Entlüftungsrohres	• fehlende Wärmedämmung des Rohres, zusätzliche undichte Rohrverbindung, dadurch Kondensationsfeuchte, die in die umliegende Konstruktion eindringt, das Kondensat läuft an der Konstruktion herab und führt zu Feuchteschäden in der Unterkonstruktion • falsch an das Rohr angedichtete Dampfbremse	
	Ungedämmte Rohrleitungen im unbeheizten Keller-Bereich	- Wärmeverluste im Gebäude	• die Warmwasser- und Wärmeverteilungsleitungen wurden nur z.T bzw. nicht gedämmt (im unbeheizten Kellerbereich) • gemäß EnEV 2009 sind alle Rohrleitungen im unbeheizten Bereich zu dämmen	

Ausführungsfehler		Festgestellter Schaden	Schadenursache / -verlauf	Foto-dokumentation
Haustechnuk / regenerative Energien	Ausführungs-mängel an einer Solaranlage	- Verfärbung der Wärmeträgerflüssig-keit durch Verschlam-mung	• Funktionsstörungen der Anlage • Verfärbung der Wärmeträgerflüssigkeit durch Verschlammung ist auf die Unver-träglichkeit der Rohrleitungsmaterialien zurückzuführen, dadurch Zerstörung der Metalle und Materialverlust • Mischinstallationen (Kupfer und ver-zinkter Stahl) entsprechen nicht den an-erkannten Regeln der Technik • Kollektorfläche im Süden verschattet	
	Fehlerhafte Ein-stellung der Re-gelung der Elek-trowärmepumpe	- hoher Stromver-brauch der Elektro-Wärmepumpe	• hoher Stromverbrauch der Zusatzhei-zung und häufiger Kompressionsstart der Wärmepumpe sind auf falsch einge-stellte Regelung zurückzuführen • geplante Jahresarbeitszahl wird nicht erreicht	
	Fehlerhafte Ver-wendung der Komponenten der Solaranlage	- Funktionsstörungen der Anlage / Funkti-onsausfall	• die Soleleitungen der Solaranlage sind teilweise mit Lötfittings ausgeführt, was bei Temperaturen über 110°C zur Zer-störung der Anschlüsse führen kann (bei thermischen Solaranlagen liegen oft Temperaturen über 110°C an) • Soleleitungen von Solaranlagen müs-sen mit Pressfittigs verbunden werden	

6.4. Typische Schadenbilder und Folgen

Nachfolgend werden typische Schadenbilder der Studie in Bezug auf Fehler bei den Ausführungsarbeiten und die möglichen Folgen, wie Schäden, Mangelfolgeschäden sowie die dadurch entstandenen Kosten aufgezeigt. Soweit nicht gesondert ausgewiesen sind bei den dargestellten Beispielen jeweils Bruttopreise bzw. Bruttokosten angegeben.

6.4.1 Mangelfolgeschaden mit zusätzlichen Schadenbeseitigungskosten

Mangelfolgeschäden sind Schäden, die aus der mit einem Mangel behafteten Sache an anderen Rechtsgütern des Bestellers entstanden sind. Dies können z.B. Schäden an der Gesundheit, an sonstigem Eigentum oder Vermögen sein.

Sollte sich die Mangelbeseitigung zumindest teilweise als nicht zumutbar erweisen, käme ein Minderungsanspruch des Bestellers in Betracht.

Geht man davon aus, dass der Mangel abgestellt werden kann, ist es nicht unwahrscheinlich, das weitere Mangelfolgeschadenpositionen auszugleichen sind, z.B. die zeitweise eingeschränkte Bewohnbarkeit der Immobilie oder gar die völlige Nichtbewohnbarkeit (Nutzungsausfall, ggf. Hotelkosten). Gleichzeitig kommen Wiederherstellungskosten von Innenausbaugewerken aller Art (Maler, Estrich, Fußboden) in Betracht.

Beispiel	**Feuchteerscheinungen und Schimmel aufgrund unsachgemäßer Verarbeitung des Materials bei der Innenwanddämmung eines Bestandsgebäudes**
Ziel	Bei der energetischen Sanierung eines 2- geschossigen Einfamilienhauses (nicht ausgebautes Satteldach, Außenwände aus Bruchstein-Mauerwerk, Geschossdecken aus Holzbalken) im Jahr 2007 wurde u.a. eine Dämmung der Außenwände mittels Einbringung einer Innendämmung vorgenommen. Zu diesem Zweck waren Multipor-Platten mit Leichtputzbeschichtung verbaut worden.
Schadenfall	Etwa 1,5 Jahre nach Fertigstellung der Maßnahme stellte sich in allen Räumlichkeiten (EG – OG) zunächst ein mehr oder minder muffiger Raumluftgeruch ein, zudem kam es nach dem Winter 2009 in den Raumecken z.T. zu erster äußerlicher Schimmelpilzbildung.
Ursache	Ein hinzugezogener Sachverständiger stellte nach Bauteilöffnung in einem der betroffenen Räume fest, dass die Multipor-Platten mit Klebelmörtel lediglich in Form einer Punkt- / Wulstverklebung befestigt worden waren. Der Anteil der Verklebung betrug nur etwa 40 %. Diese Ausführung verstößt gegen die anerkannten Regeln der Technik, es bedarf einer vollflächigen Verklebung der Dämmplatten auf vorgeglättetem Untergrund. Neben der Herstellung eines sicheren Haftungsverbundes wird durch die vollflächige Verklebung eine Hinterströmung der Dämmplatten mit feucht-warmer Innenraumluft insbesondere während der Heizperiode und der damit einhergehenden Gefahr der Tauwasserbildung auf der kälteren Oberfläche des Außenmauerwerkes zuverlässig verhindert.
Auswirkungen	Da es im Zwischenraum zwischen Dämmplatten und Außenmauerwerk bereits zu einem Schimmelpilzbefall gekommen war, regte der Sachverständige die vollständige Sanierung der eingebrachten Innendämmung an. Zu diesem Zweck war die gesamte bisher eingebrachte Innendämmung zu entfernen und die von Schimmelpilz befallenen Stellen zu sanieren. Danach konnten die gesamten Flächen unter vollflächiger Verklebung mit kapillar leitfähigem Kleber neu gedämmt werden, vorbei speziell auf luftdichte und bewegungsaufnehmende Randanschlüsse zu achten war. Die Gesamtschadenbeseitigungskosten betrugen 88.500,00, von denen ca. ¼, nämlich 21.500,00 €, für die Beseitigung des Schimmelpilzes anfielen.
Beseitigung Mangelfolgeschäden	21.500,00 € brutto
Schadenbeseitigungskosten	67.000,00 € brutto
Schadenbeseitigungskosten (gesamt)	**88.500,00 € brutto**

Bei der Beseitigung des Schimmelpilzbefalls der Wandoberflächen handelt es sich um einen Mangelfolgeschaden, der vorliegend gegenüber den Mangelbeseitigungskosten eher gering ausfällt. Die eingeschränkte Nutzung des Hauses während der raumweise durchgeführten Sanierung wurde als Schaden nicht beziffert, ist grundsätzlich jedoch ebenfalls als Mangelfolgeschaden zu werten.

6.4.2 Wertminderung des Gebäudes wegen des Nichterreichens vereinbarter Behaglichkeits- und Komfortkriterien

Die Behaglichkeit, im Zusammenhang mit dem energieeffizienten Bauen und Modernisieren ist i.d.R. die thermische Behaglichkeit zu verstehen, wird durch verschiedene Haupteinflussgrößen, wie Raumlufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, relative Feuchte der Raumluft etc. bestimmt. Dabei hängt das Behaglichkeitsempfinden jedes Einzelnen von vielen Faktoren, wie Aktivität, Bekleidung, Alter ab. Energieeffiziente Gebäude sind so zu planen und auszuführen, dass sie die heute geltenden Anforderungen an Komfort und Behaglichkeit erfüllen.

Beispiel	**Mangelhafte Luftdichtheit, Zugluft und störende Außengeräusche**
Ziel	Das 2009 fertig gestellte Mehrfamilienhaus sollte nach a.a.R.d.T. errichtet werden.
Schadenfall	Im Jahr 2010 stellten die Bewohner der im 1. OG befindlichen Wohnung lokal begrenzte erhöhte Kaltluftströmungen (Zugluft) fest, zudem vereinzelt Schimmelpilzbildung in den Fensterlaibungen sowie subjektiv erhöht wahrgenommene Geräuschentwicklung aus dem Außenbereich.
Ursache	– vereinzelten Schimmelpilzflecken im Laibungsbereich markieren die aus Metall gefertigten Befestigungsbänder, die wegen der vorgefundenen Rahmenbedingungen als Wärmebrücke fungieren. – Gummilippendichtungen zwischen Fensterflügeln und Fensterrahmen sind lokal begrenzt undicht und lassen Zugluft zu, gleiches gilt für beim Einbau der Fenster offensichtlich vergessene Dichtbänder im unteren Bereich (Zugluft aus der Spalte Fensterrahmen/Sohlplatte).
Auswirkungen	– Die lokal begrenzte erhöhte Kaltluftströmung führt wegen der dadurch erhöhten Abkühlung z.B. des Fensterrahmens zur Schimmelpilzbildung. – Undichtheiten an den Gummilippendichtungen zwischen Festerflügeln und Fensterrahmen, sowie die beim Einbau der Fenster vergessenen Dichtbänder im unteren Bereich begünstigen die störende Wahrnehmung von Außengeräuschen. Zur Schadenbeseitigung und um die Leckagen und Undichtheiten zu beseitigen, wurden die fehlerhaften (2) Fenster ausgetauscht. Es ist davon auszugehen, dass durch den Fensterwechsel die Wahrnehmung von Außengeräuschen auf ein zulässiges Maß reduziert wird und auch die Anforderungen an die Behaglichkeit erfüllt werden.
Mangelbeseitigungskosten	**2.150,00 € brutto**

Eine wichtige Aufgabe der Gebäudeplanung- und Ausführung ist es, für die jeweilige Nutzung angemessene Innenraumbedingungen zu schaffen. Bedingungen wie im o.g. Schadenfall (Zugluft, kalte Oberflächen), wirken sich nachteilig auf Wohlbefinden und Gesundheit der Nutzer aus.

6.4.3 Erhöhung des (Primär-)Energiebedarfs und der CO2-Emissionen

Die Energieeffizienz eines Gebäudes wird nur dann der Planung entsprechen, wenn die Ausführung fachgerecht, gemäß den anerkannten Regeln der Technik erfolgt. Wärmeverluste durch Wärmebrücken mindern z.B. die Energieeffizienz eines Gebäudes. Auch Lüftungswärmeverluste, z.B. über schlecht abgedichtete Fugen der Bauteile untereinander oder über Fehlstellen in der Gebäudehülle (Leckagen), stellen eine erhebliche Größe in der Energiebilanz eines Gebäudes dar. Hinzu kommt die Gefahr von möglichen Bauschäden, die dann entstehen, wenn sich die warme Innenluft auf dem Weg durch die Baukonstruktion abkühlt und die gespeicherte Luftfeuchte als Tauwasser ausfällt. Dieser Effekt führt zunächst zu einer Feuchtezunahme des Bauteils, damit zu einer Reduzierung der Dämmwirkung und Erhöhung des Energiebedarfs und kann in der Folge zu Feuchteschäden bis hin zu Schimmelpilzbefall führen.

Beispiel	**Durchfeuchtung der Wärmedämmung im Dach infolge beschädigter bzw. nicht ordnungsgemäß verklebter Dampfbremsfolie**
Ziel	Bei einem Neubauvorhaben wurde das Dachgeschoss mit einer Zwischensparrendämmung versehen. Darunter wurde eine Dampfsperrfolie montiert, die im Bereich der Dachschrägen mit GK-platten verkleidet wurde. Gleichzeitig wurden die Wände im Anschlussbereich zur Dampfsperrfolie verputzt.
Schadenfall	Noch vor Fertigstellung des Bauvorhabens zeigten sich sowohl an den GK-Platten (im Randbereich zu den Wänden) als auch im oberen Putzbereich der angrenzenden Wände Durchfeuchtungserscheinungen.
Ursache	Ein hinzugezogener Sachverständiger stellte nach z.T. geringfügiger Bauteilöffnung fest, dass im Bereich der Übergänge von der Dachschräge zu den Wänden die Dampfsperre durch mehrere Schnitte erheblich beschädigt und des Weiteren eine ordnungsgemäße Verklebung der Folie nicht gegeben war.
Auswirkungen	Der Dämmstoff erwies sich diese als messbar feucht (im Durchschnitt ca. 22 M% relative Feuchte). Obwohl die Untersuchung nur stichprobenartig erfolgte, musste aufgrund des äußerlichen Schadenbildes davon ausgegangen werden, dass die Situation in allen verputzen Wandanschlussbereichen vergleichbar und bereits erhebliche Mengen Feuchtigkeit in die gesamte Dämmung, aber auch in die Holzbauteile eingedrungen ist. Da durchfeuchtete Dämmung nicht mehr die geforderten Dämmeigenschaften aufweist und sich die ursprüngliche Eigenschaft auch durch Trocknung nicht wiederherstellen lässt (die Dämmung fällt bei eindringender Feuchtigkeit zusammen), ist der Ausbau der Dämmung erforderlich. Dazu waren die bereits montierten GK-Platten zu demontieren und die Dampfbremsfolie vollflächig auszubauen. Nach Trocknung der Sparren war eine neue Dämmung einzubauen sowie ein neue Dampfsperre mit GK-Plattenabdeckung, die Dampfsperre mittels eines geänderten Anschlussdetails in Form der nunmehr vorzunehmenden ordnungsgemäßen Verklebung auf zuvor verputzter angrenzender Wand.
Mangelbeseitigungskosten	**12.804,00 € brutto**

Die Gesamtkosten für die Reparatur des Schadens beliefen sich laut Kostenaufstellung auf insgesamt 12.804,00 €, wobei der ordnungsgemäße Einbau einschließlich Verklebung einer neuen Dampfbremsfolie mit ca. 1.050,00 € (ca. 12 % der Gesamtschadensumme) veranschlagt wurde. Der größte Teil der Gesamtschadensumme ist folglich als Mangelfolgeschaden zu werten.

Wäre der Schaden nicht beseitigt worden, so wäre ein Mehrverbrauch an Energie die Folge gewesen. In Zahlen bedeutet dies für ein typisches Einfamilienhaus, dass wenn 25% der Dämmung, bezogen auf die Gebäudehülle (die Dachflächen eines typischen Einfamilienhauses haben einen Anteil von etwa ¼ der Gebäudehülle), durchfeuchtet sind, Mehrkosten für die Beheizung des Gebäudes von ca. 10 % entstehen. Das sind im ersten Jahr des Schadenfalls Mehrkosten von ca. 150 € (pro Jahr). Wird die Durchfeuchtung nicht erkannt und trocknet die Dämmung (ohne Mangelfolgeschaden) aus, kann selbst nach 20 Jahren noch von einem Dämmverlust von rund 1% ausgegangen werden. Durchfeuchtete Dämmstoffe erreichen i.d.R. auch nach vollständiger Trocknung ihren ursprünglichen Dämmwert nicht mehr.

Wärmedämmung Gebäudehülle	**Typisches Einfamilienhaus**	**Durchfeuchtung des Dämmstoffs**	
		zu 25 %	zu 50 %
Primärenergiebedarf Q_P	104,3 kWh/m²a	114,8 kWh/m²a	125,4
CO2-Emission	5.068 kg/a	5.588 kg/a	6.079 kg/a
Energiekosten	1.567 €	1.718 €	1.862 €

6.4.4 Steigerung der Energiekosten / Mehrverbrauch an Energie

Die Folge von Fehlern und Mängeln in der Ausführung von Bauvorhaben ist nicht ausschließlich auf Bauschäden begrenzt. Vielmehr kann eine mangelhafte Bauausführung insbesondere im Bereich der Wärmedämmung, der Luftdichtheit und der Anlagentechnik einen Mehrverbrauch an Energie und eine Steigerung der Energiekosten zur Folge haben.

Beispiel	**Mangelhaft verlegte Leitungen der Solaranlage**
Ziel	Die Modernisierungsmaßnahmen an einem bestehenden MFH umfassten über die energetische Sanierung der Gebäudehülle (Einbau neuer Fenster und Einbau eines WDVS) hinaus die Montage einer thermischen Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung für das Gebäude.
Schadenfall	Die tatsächlichen Wärmegewinne der Anlage liegen erheblich unterhalb der berechneten Werte. Darüber hinaus wurden nach dem Winter Risse am WDVS des Gebäudes festgestellt.
Ursache	Die warmwasserführenden Leitungen der Solaranlage sowie die zugehörigen Elektrokabel wurden im hier beschriebenen Schadenfall unterhalb des WDVS im Außenbereich verlegt. Thermische Solaranlagen erreichen in den Sommermonaten Temperaturen von weit über 110°C. Trotz ausreichender Leitungsdämmung ist mit Temperaturen der Leitungen von über 100°C zu rechnen. Das hier geplante und ausgeführte WDVS ist maximal für Temperaturen bis 90°C ausgelegt. Die Verlegung der Solarleitungen im Außenbereich verringerte die Effizienz der Anlage und führte zu erheblichen Wärmeverlusten. Durch hohe Temperaturen in den Solarleitungen und niedrige Temperaturen in den Wintermonaten entstehen im WDVS Spannungen aus Temperaturzwang, dies führte zu Rissbildungen. Hinzu kommt, dass das WDVS im Bereich der Leitungen geschwächt wurde, um Platz für die Leitungen zu schaffen. Dies hat die Entstehung von Rissen begünstigt. Die Solarleitungen, die Dämmung der Solarleitungen und die verwendeten stromführenden Kabel im vorliegenden Fall haben nach Recherche keine deutsche bauaufsichtliche Zulassung für den Betrieb im Außenbereich oder für den Betrieb unterhalb eines Wärmedämmverbundsystems.
Auswirkungen	Diese Ausführung stellt einen erheblichen Mangel dar. Die Anlage ist unverzüglich außer Betrieb zu nehmen, und sowohl die Elektro- als auch die Solarleitungen sind gemäß bauaufsichtlicher Zulassungen im Inneren des Gebäudes neu zu verlegen.
Schadenbeseitigungskosten	**18.500,00 €**

Falls der Mangel nicht erkannt und beseitigt worden wäre, so wäre zudem mit Energieverlusten von über 5 % zu rechnen.

7 Fazit

Wesentliches Ergebnis der gemeinschaftlichen Untersuchung der AIA AG mit dem Institut für Bauforschung e.V. in Kooperation mit dem Bauherren-Schutzbund e.V. ist die Erkenntnis, dass die Planung, Errichtung und Modernisierung von Gebäuden mit der schwerpunktmäßigen Zielsetzung energieeffizienter Ergebnisse einen besonders sensiblen Bereich im Sinne der Bauqualität darstellt. Die hohen technischen Anforderungen an die Gebäudehülle und die Gebäudetechnik im Hinblick auf die relevanten Kriterien des energieeffizienten Bauens spielen dabei eine wesentliche Rolle. Insofern wurden im Rahmen der Untersuchung keine neuen Schadenarten oder -ursachen festgestellt, sondern vielmehr die Schadenschwerpunkte am Gebäude mit Umfang und Folgen quantifiziert, die ursächlich für das Nichterreichen vereinbarter Beschaffenheiten, Qualitäten und Funktionen sind.

Als besonders mangel- und schadenbeaufschlagte Bauteile wurden in den ausgewerteten Schadenfällen die Außenwand- und Dachkonstruktionen identifiziert. Dabei spielen insbesondere die Bereiche der Wärmedämmung und der luftdichten Ebene eine Rolle. Hierbei stellten sich vor allem die so genannten gestörten Bereiche als fehlerbehaftet in Planung, Bauausführung und -überwachung dar:

Dazu zählen im Bereich der Wärmedämmung:

- Bauteilan- und Bauteilabschlüsse
- Bauteilübergänge
- Geplante Wechsel der Schichtdicke oder Wärmeleitfähigkeit (Wärmeleitgruppe)
- Geplante Wechsel des Wärmedämmprodukts
- Durchdringungen der Wärmedämmung

Dazu zählen im Bereich der luftdichten Ebene

- Bauteilan- und Bauteilabschlüsse
- Bauteilübergänge
- Durchdringungen der luftdichten Ebene
- Geplante Materialkombinationen, insbesondere Klebeverbindungen

Die Planung und Ausführung technischer Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energien hat sich im Rahmen der Auswertung ebenfalls als einer der Mangelschwerpunkte dargestellt. Zu den besonders fehlerbehafteten Bereichen zählen hier:

- Anschlüsse der Anlagen an den Baukörper
- Fehlerhafter Materialeinsatz
- Anlagendimensionierung

Die im Rahmen der Studie ausgewerteten Mängel und Schäden haben weitreichende Folgen. Schwerpunktmäßig sind zu nennen:

- Erhöhung des geplanten End- und Primärenergiebedarfs
- Steigerung der Energiekosten durch den Mehrverbrauch an Energie
- Mangelfolgeschäden (insbesondere Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall) mit zusätzlichen Schadenbeseitigungskosten
- Nichterreichen von Fördervoraussetzungen (Verlust von Fördermitteln) mit der Folge entsprechender Schadenersatzansprüche
- Wertminderung des Gebäudes, u.a. wegen Nichterreichung vereinbarter Behaglichkeits- u. Komfortkriterien

Ein Drittel der ausgewerteten Schäden sind auf Fehler zurückzuführen, die ihren Ursprung in der Vorplanung oder Planung haben. 66 % der untersuchten Schäden sind den Ausführungsfehlern zuzuordnen. D.h. der Schwerpunkt der Ursachen der analysierten Schadenfälle liegt im Bereich der Bauausführung. Diesem Bereich sind sowohl die (handwerklichen) Leistungen der bauausführenden Firmen zuzuordnen als auch die Bauüberwachungs- und Baukoordinationsleistungen auf der Baustelle.

Ziel muss es sein, qualitativ hochwertig zu bauen. Der Begriff Bauqualität betrifft in diesem Sinne nicht nur das Bauergebnis sondern auch den Bauprozess. Beide Teilbereiche sind gleichermaßen für die Vermeidung von Baufehlern, -mängeln und damit -schäden verantwortlich. Ein Bauprojekt ist so zu planen und durchzuführen, dass sowohl die Koordination im Bauablauf, die vereinbarten Termine und Kosten im Rahmen des Prozesses eingehalten werden als auch die Qualität des Bauwerks als Ergebnis entsprechend den anerkannten Regeln der Technik und der vereinbarten Beschaffenheiten sichergestellt werden. Nur dann sind die nachhaltige Funktionalität (und damit Schadenfreiheit) und damit optimale Nutzung gewährleistet, und zwar unter vollständiger Berücksichtigung der ästhetischen, energetischen und ökologischen Anforderungen des Bauherrn und des Gesetzgebers.

Um dies zu gewährleisten, sind Qualitätskontrollen ein wesentliches Instrument zum Erreichen eines qualitätsvollen Bauergebnisses sowohl für den Auftraggeber als auch für den Auftragnehmer. Es bedarf vermehrter Anstrengungen, alle Beteiligten hinsichtlich des vor geschilderten Sachzu-

sammenhangs zu sensibilisieren, damit diese ihr Handeln dem Ziel anzustrebender Nachhaltigkeit und damit weitgehender Mängelfreiheit unterordnen. Denn: Bei den analysierten Schadenfällen handelte es sich ausschließlich um Gebäudearten mit der maximalen Zielsetzung der Energieeffizienz im Sinne der EnEV 2009 bzw. der ehemals geltenden KfW-Haus70-Förderung. Schadenfälle im Bereich hocheffizienter Gebäudearten, wie z.B. Passivhäuser, Plusenergiehäuser etc. konnten den Datenbanken noch nicht entnommen werden. Da diese noch sensibler auf Qualitäts- oder Standardabweichungen reagieren, ist zu erwarten, dass sich die Anzahl der Fehler kurz- und mittelfristig in erhöhten Schadenzahlen und -summen widerspiegeln wird.

Folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind aus den Erkenntnissen der Untersuchung abzuleiten:

- Planer und Bauausführende müssen für die Konsequenzen und Zusammenhänge zwischen Planungs- und Ausführungsfehlern, den daraus folgenden Schäden sowie deren Auswirkungen sensibilisiert werden.
- Von entscheidender Bedeutung ist die Qualität der Planungs- / Ausschreibungsleistungen.
- Die Koordination und Bauüberwachung im Planungs- und Bauprozess ist zu optimieren.
- Die handwerklichen Leistungen in allen ausführenden Gewerken sind durch den Einsatz von qualifiziertem Personal zu verbessern (Stellenwert der Präqualifikation).
- Die Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten vor dem Hintergrund der gemeinsamen Zielsetzung im Sinne fachlicher und sozialer Kompetenz ist zu optimieren.
- Die Auftraggeber / Bauherren sollten über die Vorteile der Implementierung von baubegleitenden Qualitätskontrollen informiert werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die bereits vorhandenen und zukünftigen Anforderungen an das Bauen und Modernisieren mit dem Ziel einer besonders definierten Energieeffizienz eine hohe fachliche Kompetenz bei allen an Planung und Ausführung Beteiligten erfordert. Dabei spielt die ganzheitliche Betrachtung des Gebäudes unter Einbeziehung aller Gebäudeparameter im Rahmen der Konzeptionierung, Vorplanung und Planung eine, das Bauergebnis und den Bauprozess wesentlich beeinflussende Rolle und erfordert insofern ein Höchstmaß an Sachverstand und Erfahrung. Die hohen technischen Anforderungen an die fachgerechte Umsetzung im Bauprozess mit der zunehmenden Nutzung innovativer Produkte und Techniken erfordert neben der kontinuierlichen Qualifizierung der Bauausführenden und -überwachenden eine prozessübergreifende Zusammenarbeit und Abstimmung im Sinne des vereinbarten Ergebnisses.

Institut für Bauforschung e.V.
Hannover, 08.12.2011