



## **Zuverlässigkeit**

### **von Holzdachkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs- und Decklage**

Forschungsarbeit SF – 10.08.18.7-11.33

Gefördert vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Bearbeitern.

Bearbeitet durch: AIBAU – Aachener Institut für Bauschadensforschung  
und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald  
Dipl.-Ing. Matthias Zöllner

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Ralf Spilker  
Dipl.-Ing. Silke Sous

#### **1. Problemstellung und Ziele der Forschungsarbeit**

Bei Dachkonstruktionen aus Holz wird zunehmend auf die bewährte Konstruktion, die unter einer Deckschicht mit hohem Diffusionswiderstand eine Unterlüftungsschicht aufweist, verzichtet. Gleichzeitig weisen einige Regelwerke auf das hohe Schadensrisiko solcher ganz unbelüfteten Konstruktionen hin, wenn die über der Dämmung liegenden Abdichtungen oder Decklagen weitgehend dampfdicht sind.

Aktuelle Planungshinweise für diese Konstruktionen empfehlen bei der bauphysikalischen Berechnung eine Austrocknungsreserve zu berücksichtigen. Sie empfehlen weiterhin den Einsatz von Holz mit geringem Feuchtegehalt, von feuchtevariablen Dampfbremsen oder von sorptiven Dämmstoffen. Damit kann jedoch dem Einfluss von Baufeuchte und Leckagen während der Nutzungszeit nur begrenzt begegnet werden.

Ob und wie weit heute übliche Konstruktionen mit neueren Baustoffen dieses Schadensrisiko mindern können, wird durch die vorliegende Forschungsarbeit untersucht. Auf Grundlage der Auswertung von Schadensfällen, die öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige begutachtet haben, wurden die Ursachenschwerpunkte ermittelt und die Randbedingungen ausgewertet.

Ziel der Forschungsarbeit war es, zu untersuchen, ob die o.g. neueren Empfehlungen zu einer deutlichen Verminderung des Schadensrisikos beitragen. Bauherrn, Planern und Handwerkern sollten Empfehlungen an die Hand gegeben werden, unter welchen Bedingungen diese Dachkonstruktionen eingesetzt werden können.

## 2. Datenermittlung

Die Untersuchung beruht im Wesentlichen auf einer Umfrage unter Bausachverständigen für Schäden an Gebäuden sowie Sachverständigen des Dachdeckerhandwerks und des Holzbaus. Die Befragten haben unentgeltlich an Umfragen teilgenommen, teilweise ihre persönlichen Erfahrungen und Erkenntnisse sowie umfangreiches Informationsmaterial zur Verfügung gestellt und geholfen, geeignete Untersuchungsobjekte zu finden. Ihnen gilt daher ein besonderer Dank.

Von den befragten 1.657 Sachverständigen wurden 337 Schadensfälle an Flachdächern benannt. Bei etwa einem Drittel dieser Dächer in Holzbauweise wurde eine feuchtevariable Dampfbremse eingebaut. Zu 28 Fällen wurden umfangreiche Informationen über Schadensverlauf, Untersuchung und Instandsetzungsempfehlung bzw. -durchführung übermittelt. Diese Fälle sind vergleichend in der Objektdokumentation im Anhang des Berichts beschrieben. Die im Folgenden zusammengestellten Zahlen beziehen sich im Wesentlichen auf diese Objekte.

## 3. Ergebnisse

Die Schadensbilder umfassten Unebenheiten auf der Dachoberseite bzw. Abtropfungen im Gebäudeinnern. Bei den Dachöffnungen zeigten sich mehr oder weniger umfangreiche Beeinträchtigungen einzelner Bauteilschichten bis hin zur irreparablen Zerstörung tragender Holzbauteile (etwa bei der Hälfte der Fälle). Ebenfalls bei der Hälfte der untersuchten Dächer waren die Schädigungsprozesse bereits wenige Jahre nach der Gebäudeerrichtung so stark fortgeschritten, dass eine vollständige Erneuerung des Daches notwendig bzw. empfohlen wurde.

Die Auswertung der Umfrageergebnisse ergab, dass die von den Sachverständigen geschilderten Schadensfälle im Wesentlichen fünf Ursachengruppen zugeordnet werden können:

- Schäden durch Luftundichtheiten
- Schäden durch Dachundichtheiten
- Schäden durch hohe Raumlufffeuchte
- Schäden durch Baufeuchte (Estrich, Putz, Niederschläge)
- Schäden durch erhöhte Holzfeuchte.

Bei den ersten drei Gruppen findet der Feuchteeintritt in die Dachkonstruktion während der Nutzungsphase statt, bei den letzten beiden vorher.

In einigen Schadensfällen überlagerten sich die Ursachengruppen bzw. die einzelnen Ursachen waren nicht mehr eindeutig feststellbar. Dass die Ursachen in erhöhter Baufeuchte oder Holzfeuchte lagen, wurde insbesondere dann geschlussfolgert, wenn deutliche Leckagen weder in der Luftdichtungsschicht noch in der Abdichtungsschicht festgestellt werden konnten. In keinem der Fälle war die Holzfeuchte beim Einbau oder während der Bauzeit dokumentiert worden. Im Gegensatz dazu sind

## Kurzbericht

Luftundichtheiten oder Abdichtungsfehlstellen im Rahmen der Schadensuntersuchung gut zuzuordnen, da Fehlstellen in den einzelnen Schichten relativ einfach zu lokalisieren sind. Dies ist bei der Bewertung der Häufigkeit der genannten Ursachen zu berücksichtigen. So wurden Mängel an Luftdichtheitsschichten 15 mal als Schadenursache benannt, Schäden an Abdichtungen in sechs Fällen. In einem Fall war die Durchfeuchtung oberhalb eines innen liegenden Bades aufgetreten, daher wurde eine hohe Raumlufffeuchte als Schadenursache diagnostiziert. Bei acht Dächern wurde eine hohe Baufeuchte als Ursache für die eingetretenen Schäden ermittelt. Hierbei handelte es sich entweder um Niederschlag, der während der Bauzeit in die Dachkonstruktion gelangt war oder um hohe Feuchtegehalte aus dem Innenausbau mit Innenputz und Estrich. In sieben Fällen wurde aufgrund des ermittelten Schwindvorgangs geschlossen, dass zu feuchtes Holz für die tragenden Dachbauteile verwendet wurde. Bei unbelüfteten und beidseitig dicht ausgeführten Dachkonstruktionen konnte diese Feuchtigkeit nicht austrocknen (s. Abb. 1).

Eine Verstärkung des Schadenspotenzials liegt in der horizontalen Feuchteumlagerung innerhalb der Konstruktion aufgrund von Konvektionsströmungen und/oder Temperaturdifferenzen. Diese kann bei allen Ursachengruppen auftreten und wurde deshalb nicht als eigene Ursachengruppe aufgenommen.

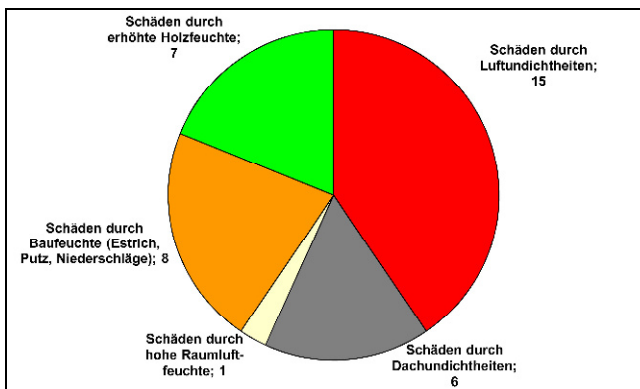


Abb. 1: Übersicht der Schadensfälle pro Ursachengruppe

Es wurde der Frage nachgegangen, bei welchen Fällen der eingetretene Schaden durch den Einbau einer feuchtevariablen Dampfbremse hätte vermindert oder gar vermieden werden können. Dazu wurden die 16 Schadensfälle, bei denen Luftdichtheitsschichten mit hohem Diffusionswiderstand eingebaut waren, überprüft. Als Arbeitshypothese wurde davon ausgegangen, dass es bei folgenden groben Mängeln **keine Verhinderung der Schäden** gegeben hätte:

- Erheblicher Feuchteeintrag durch Niederschläge
- Erheblich erhöhte Holzeinbaufeuchte
- Größere Fehlstellen in der Luftdichtheitsschicht
- Leckstellen in der Abdichtung

Im Gegensatz dazu wurde davon ausgegangen, dass bei folgenden leichten Mängeln das Vorhandensein einer feuchtevariablen Dampfbremse zu einer **Schadensminderung oder -vermeidung** hätte beitragen können:

- Geringfügige Fehlstellen in der Luftdichtheitsschicht
- Geringfügig erhöhte Einbaufeuchte der Holzkonstruktion

Bei insgesamt 4 von 16 Fällen hätte danach der Einbau einer feuchtevariablen Dampfbremse die Schäden vermeiden oder vermindern können.

Von den insgesamt 28 Schadensfällen wäre eine Risikominderung durch feuchtevariable Dampfbremsen demnach nur in 4 Fällen möglich gewesen (s. Abb. 2).

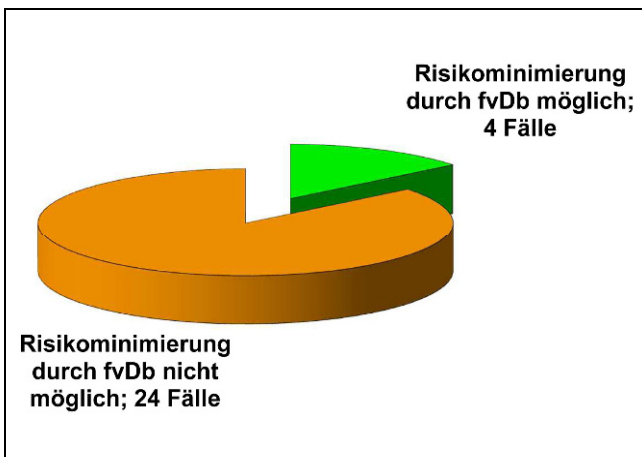
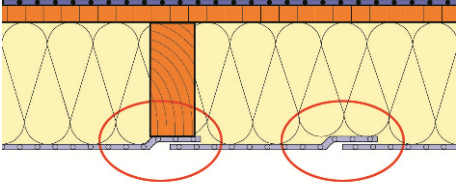
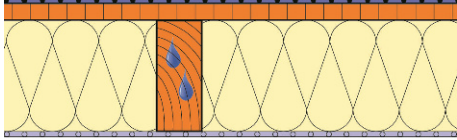
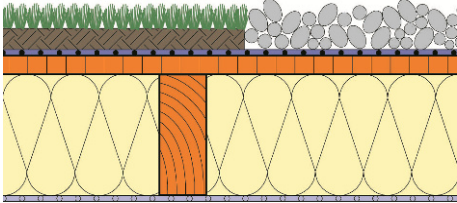
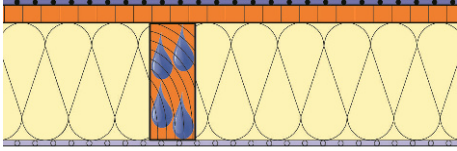
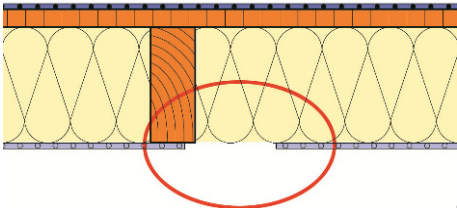
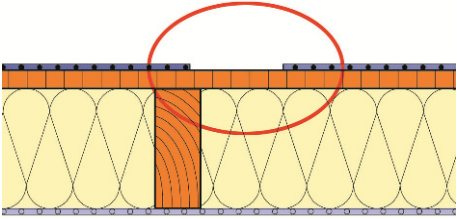
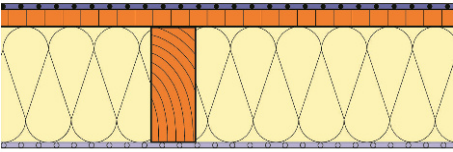
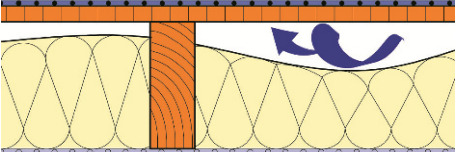


Abb. 2: Möglichkeiten der Risikominimierung durch den Einsatz feuchtevariabler Dampfbremsen bei den untersuchten Dächern

Eine deutliche Verminderung des Schadensrisikos bei Holzkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs- und Decklage tritt mit dem Einbau einer feuchtevariablen Dampfbremse nur dann ein, wenn einerseits der Feuchteeintrag in die Konstruktion begrenzt ist und andererseits das Austrocknungspotential groß ist. Die Größenordnung des Feuchteeintrags ist von der Größe der Leckagestellen abhängig, die Größenordnung der Austrocknungsmöglichkeit von der Größe des Umkehrdiffusionsstroms. Daher können die Fälle, in denen eine Risikominderung wahrscheinlich und weniger wahrscheinlich sind, wie folgt unterschieden werden:

Kurzbericht

 <p style="text-align: right;">++</p>	 <p style="text-align: right;">++</p>
<p>Abb. 3: <b>Hohe</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei geringfügigen Fehlstellen</p>	<p>Abb. 4: <b>Hohe</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei geringfügig erhöhter Holzfeuchte</p>
 <p style="text-align: right;">+</p>	 <p style="text-align: right;">+</p>
<p>Abb. 5: <b>geringe</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei Dachaufbauten mit Begrünung oder Bekiesung</p>	<p>Abb. 6: <b>geringe</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei deutlich erhöhter Holzeinbaufeuchte</p>
 <p style="text-align: right;">-</p>	 <p style="text-align: right;">-</p>
<p>Abb. 7: <b>keine</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei größeren Leckagen in der Luftdichtheitsebene</p>	<p>Abb. 8: <b>keine</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei größeren Leckagen in der Abdichtungsebene</p>
 <p style="text-align: right;"><b>hohe Raumlufffeuchte</b> .</p>	 <p style="text-align: right;">.</p>
<p>Abb. 9: <b>keine</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei Dachaufbauten über Räumen mit erhöhter Raumlufffeuchte</p>	<p>Abb. 10: <b>keine</b> Risikominimierung durch feuchtevariable Dampfbremsen bei Dachaufbauten mit unbelüfteten Luftschichten</p>

#### **4. Regelwerke, Materialien und Nachweisverfahren**

Im theoretischen Teil des Berichts wird ausführlich auf die Regelwerksituation in Deutschland eingegangen. Es werden die zurzeit angebotenen feuchtevariablen Dampfbremsen beschrieben. Das instationär hygrothermische Nachweisverfahren, mit dem die feuchtetechnische Funktionsweise dieser Luftdichtheitsschichten zu beurteilen ist, wird detailliert beschrieben und bewertet.

#### **5. Erfahrungen in Nachbarländern**

In den deutschsprachigen Nachbarländern Österreich und Schweiz gibt es zu Holzflachdächern ohne Unterlüftung der Abdichtungs- und Decklage dezidierte Empfehlungen und Planungsgrundlagen. Diese schränken den Anwendungsbereich allerdings auch deutlich ein. Es wird auch deutlich vor dem feuchtetechnischen Risiko nicht belüfteter Flachdachkonstruktionen gewarnt.

In Belgien und den Niederlanden werden die hier untersuchten Konstruktionen erst seit kurzer Zeit diskutiert. Derzeit wird geprüft, bei welchen Randbedingungen sie eingesetzt werden können. Es kann davon ausgegangen werden, dass bisher nur wenige Dächer in dieser Art gebaut wurden und dass dies entgegen den Empfehlungen wichtiger Institutionen erfolgt.

#### **6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

##### **6.1 Empfehlungen für Planer, Bauleiter und Bauherren**

Unbelüftete Flachdachkonstruktionen in Holzbauweise sind wenig fehlertolerante Konstruktionen, die einen deutlich erhöhten Kontroll- und Inspektionsaufwand erfordern.

Auch die Verwendung von feuchtevariablen Dampfbremsen und der unbedingt erforderliche Nachweis der Konstruktion mithilfe von instationär hygrothermischen Berechnungen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Holzfeuchte während des Bauens ständig zu kontrollieren ist. Ggf. muss die Bauzeit entsprechend verlängert werden, bis Holzbalken und Holzschalung entsprechend rückgetrocknet sind.

Auf die Kontrolle der Luftdichtheitsschicht durch eine Differenzdruckmessung ist besonderer Wert zu legen. Nachträgliche Durchdringungen dieser Schicht sind möglichst zu vermeiden.

Wenn auf die weitaus weniger risikobehafteten Alternativen einer Aufdachdämmung, einer belüfteten Konstruktion oder einer Konstruktion mit Zusatzdämmung und -abdichtung verzichtet werden und die Holzflachdachkonstruktion dennoch ohne Unterlüftung der Abdichtungs- oder Decklage errichtet werden soll, muss sie durch instationär hygrothermische Simulationen nachgewiesen werden und die Einhaltung der dabei verwendeten Materialdaten bei der Ausführung beachtet werden. Veränderungen der Konstruktion, wie andere Dachbahnen, nachträgliche Begrünungen und Aufbauten dürfen nicht ohne entsprechende instationär hygrothermische Nachweise erfolgen.

Zur Vermeidung von Schäden oder späterer Streitigkeiten sollten die im Folgenden beschriebenen Empfehlungen von den an der Ausführung beteiligten Gewerken beachtet werden.

## 6.2 Empfehlungen für Gewerke

### 6.2.1 Empfehlung für das Zimmerergewerk

Die Einbaufeuchte der Hölzer sollte unmittelbar nach Einbau gemessen und protokolliert werden. Dies ist sowohl für das Holzbaugewerk als auch für den Bauleiter wichtig, um im Schadensfall dokumentieren zu können, dass eine erhöhte Holzeinbaufeuchte nicht ursächlich ist. Von erhöhter Holzfeuchte als wahrscheinlicher Ursache wird nämlich häufig ausgegangen, wenn im Schadensfall keine Mängel an der Abdichtung oder der Luftdichtheitsschicht festgestellt werden und die Konstruktion ansonsten mit einem instationären Nachweisverfahren als feuchtetechnisch unbedenklich nachgewiesen wurde.

### 6.2.2 Empfehlung für das Dachdeckergewerk

Dachabdichtungen auf Holzdächern mit Zwischensparrendämmung sollten nur mit den Stoffen durchgeführt werden, die auch dem instationär hygrothermischen Nachweis der Konstruktion entsprechen. Der Dachdecker sollte sich dazu den Nachweis von den Planern vorlegen lassen.

Auch für die Dachdecker ist eine Feststellung des IST-Zustandes hinsichtlich der Holzfeuchte der Dachschalung (Messung und Dokumentation) zur Vermeidung von Streitigkeiten im Schadensfall unabdingbar. Die Messung sollte unmittelbar nach Abschluss der Abdichtungsarbeiten erfolgen, um zu dokumentieren, in welchen Bereichen die Schalung evtl. vor den Abdichtungsarbeiten durch Niederschläge feucht geworden ist und noch ein Austrocknungsprozess abgewartet werden muss. Sinnvoll ist in jedem Fall eine längere Beobachtung der Holzschalung von der Unterseite, um evtl. vorhandene Leckagen an der Abdichtung vor dem Schließen der Konstruktion mit Dämmung und Luftdichtheitsschicht lokalisieren und beseitigen zu können.

### 6.2.3 Empfehlungen für das Trockenbaugewerk

Der Trockenbauer sollte vor dem Einbau von Dämmung und Luftdichtheitsschicht die Holzfeuchte von Schalung und Konstruktionshölzern messen und dokumentieren (lassen) und sich die Freigabe für seine Arbeiten vom Bauleiter geben lassen.

Neben der Kontrolle der vorhandenen Holzfeuchte ist für das Trockenbaugewerk die Kontrolle der Ausführung der eigenen Arbeiten der wichtigste Punkt. Dies betrifft insbesondere die Überprüfung der Luftdichtheitsschicht vor der Montage der inneren Bekleidung mit Hilfe einer Differenzdruckmessung im Unterdruckverfahren, bei der die Nahtstellen, Verklebungen, Durchdringungen und Bauteilanschlüsse überprüft werden.

Einbindende Bauteile mit hoher Baufeuchte oder mit Hohlräumen / Strömungskanälen (z. B. Vorsatzschalen in Bädern) sind von der Flachdachkonstruktion luftdicht zu trennen. Zu diesem Zeitpunkt können eventuell vorhandene Leckagen ohne großen finanziellen Mehraufwand beseitigt werden.

### 6.3 Monitoring

Bereits hergestellte oder bestehende Dächer sollten durch fest eingebaute Feuchtmessstellen oder andere geeignete Messverfahren regelmäßig auf Veränderungen des Feuchtegehaltes kontrolliert werden. Insbesondere bei älteren Bestandsdächern, bei denen alterungsbedingte Schäden wahrscheinlicher werden, sollte die Abdichtungsoberfläche wiederholt auf Fehlstellen kontrolliert werden.

## 7. Zusammenfassung

Holzflachdachkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs- oder Decklage sind schadensanfällige Konstruktionen. Eingeschlossene Baufeuchte, Fehlstellen in der Luftdichtungsschicht und in der Abdichtungsschicht können einen großen Schadensumfang bewirken. Seit langem wird daher vor dieser Konstruktion gewarnt. Auch in den nicht deutschsprachigen Nachbarländern wird dieser Dachaufbau nicht empfohlen. Das Schadensrisiko wird durch den Einbau von feuchtevariablen Dampfbremsen selbst bei Beachtung einer Vielzahl von Randbedingungen für ein schadenfreies Austrocknen der Konstruktion nur in geringem Umfang gemindert. Zwar kann der Dachaufbau unter kontrollierten Bedingungen, insbesondere bei Vorfertigung, bauphysikalisch einwandfrei hergestellt werden. Alterungsschäden an der Dachhaut, Veränderungen des Dachaufbaus oder Nutzungsänderungen können aber während der Standzeit des Gebäudes zu nicht unerheblichen Schäden an der Holzkonstruktion führen. Die im vorliegenden Bericht dokumentierten Schadensfälle betreffen sowohl herkömmliche Dachaufbauten als auch neuere Konstruktionen. Allen ist gemeinsam, dass ein unplanmäßiger Eintrag von Feuchtigkeit in den Dachaufbau bzw. eine Konzentration vorhandener Feuchtegehalte nicht rechtzeitig erkannt und beseitigt werden konnte.

Daher ist auch weiterhin von solchen Konstruktionen grundsätzlich abzuraten.

Sollten sie dennoch ausgeführt werden, ist ihre bauphysikalische Funktionstüchtigkeit planerisch durch eine instationäre hygrothermische Simulation nachzuweisen und dafür zu sorgen, dass die Randbedingungen des Nachweises auch über die Standzeit des Gebäudes erhalten bleiben. Zudem muss im Bauablauf sehr genau der Feuchtegehalt der Holzkonstruktion beobachtet und protokolliert werden. Im Bericht werden Empfehlungen für Planer, Bauleiter und Gewerke formuliert.

Eine deutliche Verminderung des Schadensrisikos ist durch eine oberseitige Zusatzdämmung und eine Zusatzabdichtung zu erreichen. Auch dabei sind aber der instationär hygrothermische Nachweis und die Kontrolle der Holzfeuchtigkeit unabdingbar. Die Erfahrungen mit solchen Konstruktionen sind zwar noch neu, versprechen aber eine sehr viel höhere Funktionssicherheit. Die im Laufe der Standzeit des Gebäudes nicht sichtbare und nicht belüftete Holzkonstruktion, die feuchtetechnisch kritisch unmittelbar unter einer Abdichtung oder Decklage mit hohem Diffusionswiderstand eingebaut ist, stellt aber auch in diesem Fall immer noch ein gewisses Risiko für den Eigentümer des Gebäudes dar.