



## Jena Research Papers in Business and Economics

### Ökonomische Analyse der Modernisierungsanreize im deutschen Mietrecht

*J. Ruhland, C. A. Kreibich, R. Herud*

04/2010

*Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft*

**Working and Discussion Paper Series  
School of Economics and Business Administration  
Friedrich-Schiller-University Jena**

ISSN 1864-3108

**Publisher:**

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Carl-Zeiß-Str. 3, D-07743 Jena  
[www.jbe.uni-jena.de](http://www.jbe.uni-jena.de)

**Editor:**

*Prof. Dr. Hans-Walter Lorenz*  
[h.w.lorenz@wiwi.uni-jena.de](mailto:h.w.lorenz@wiwi.uni-jena.de)  
*Prof. Dr. Armin Scholl*  
[armin.scholl@wiwi.uni-jena.de](mailto:armin.scholl@wiwi.uni-jena.de)

[www.jbe.uni-jena.de](http://www.jbe.uni-jena.de)

# Ökonomische Analyse der Modernisierungsanreize im deutschen Mietrecht

---

Johannes Ruhland<sup>a</sup>    Christian Alexander Kreibich<sup>b</sup>    Ralf Herud<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik,  
Carl-Zeiß-Str. 3, D-07743 Jena, Tel. +49-3641-943311,  
email: J.Ruhland@wiwi.uni-jena.de, Ralf.Herud@uni-jena.de

<sup>b</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Energiewirtschaftsrecht,  
Carl-Zeiß-Str. 3, D-07743 Jena, Tel. +49-3641-942146,  
email: C.Kreibich@uni-jena.de

## **Zusammenfassung:**

Die deutsche Wohnungswirtschaft unterliegt einer tiefgreifenden staatlichen Regulierung. Hiervon sind insbesondere Heizungsanlagen betroffen. Durch die vorgeschriebene Aufteilung in Kaltmiete und Nebenkosten stellt sich die Investition in eine neue, effiziente Heizungsanlage für den Vermieter als nicht mehr wirtschaftlich dar. Auch die vom Gesetzgeber eingeräumte Möglichkeit, einen Teil der Investitionskosten jährlich auf den Mieter umzulegen, vermag den Modernisierungstau nicht zu überwinden, wie empirische Daten zeigen. Der Beitrag untersucht vor diesem Hintergrund die Wirkung der gesetzlichen Modernisierungsanreize aus betriebswirtschaftlicher und spieltheoretischer Sicht. Es kann gezeigt werden, dass der momentane Modernisierungstau eine plausible Folge rationalen Handelns aller Marktakteure ist.

**Schlüsselwörter:** Mietrecht; Modernisierungsanreize; Regulierung; Wohnungswirtschaft; Energieeffizienz; Free-Rider-Problem; Spieltheorie

## **Abstract:**

German residential leases and their associated fringe costs such as heating are subject to strict regulations. Because of the mandatory rental cost allocation into basic rent and associated costs, investments in new and efficient heating systems turned out to be no longer economical for landlords. In order to still ensure a high efficiency level of heating systems, the legislator gives landlords the opportunity to pass on some of the investment costs annually to tenants. Nevertheless, as shown by empirical data, the backlog of modernization has not been overcome yet. Against this background, we analyse the impact of the current statutory incentives for modernization from an economic and game theoretic point of view. It can be shown that the existing backlog of modernization is a plausible consequence of rational behavior of all market actors.

**Keywords:** Tenancy law; Modernization incentives; Regulation; Housing industry; Energy efficiency; Free rider problem; Game theory

## 1 Einleitung

Die Verfügbarkeit und Nutzung von Energie ist eine der tragenden Säulen jeder modernen Volkswirtschaft. Aufgrund der industriellen Entwicklung vieler Staaten ist der weltweite Bedarf an Energie in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen (vgl. EIA 2009, S. 7). Gleichzeitig wird jedoch das Angebot fossiler Energieträger auf lange Sicht abnehmen. Ein wirtschaftlicher Umgang mit Energie ist daher unabdingbar. Lässt sich der Bedarf an Energie oft nur mit gewissen Einbußen an Komfort reduzieren, kann durch eine Verbesserung der Energieeffizienz der Bedarf an Primärenergie ohne wesentliche Komforteinbußen gesenkt werden. Die Verbesserung der Energieeffizienz ist damit zentraler Ansatzpunkt zur Verbesserung der Energiebilanz.

Die Wohnungswirtschaft in Deutschland bietet hierfür, trotz eines verglichen mit anderen Ländern, allgemein sehr hohen Energieeffizienzniveaus hohe Potentiale, die Energieeffizienz signifikant zu verbessern. Insgesamt belief sich der Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2007 auf ca. 8.581 PJ (vgl. BMWi 2008, Tabelle 7). Allein rund 23% davon entfielen auf die Beheizung von Räumen und auf die Warmwasseraufbereitung in privaten Haushalten (vgl. ebenda). Verschiedene Studien zeigen, dass der Effizienzgrad von Heizungsanlagen im deutschen Wohnungsbestand durchschnittlich im Bereich von gerade einmal 70% liegt, der moderner Heizungsanlagen dagegen bei über 90% (vgl. Buderus 2006). Würde diese Lücke in einem realistischen Zeitintervall geschlossen, könnten rund 30 TWh Energie und dementsprechende Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. auch an Brennstoffkosten eingespart werden (vgl. Ruhland und Herud 2009b, S. 127f.).

Trotz dieser immensen Energieeinsparpotentiale durch einen höheren Energieeffizienzgrad von Heizungsanlagen bleiben die dafür nötigen Investitionen in der privaten Wohnungswirtschaft meist aus. Ein grundlegendes Problem liegt im Investor-Nutzer-Dilemma. Im Mietverhältnis hat ein Vermieter regelmäßig die Wärmeversorgung des Mietobjektes sicherzustellen. Damit trägt er grundsätzlich auch die Investitionskosten für eine neue Heizungsanlage. Der primäre Nutzen aus der effizienteren Heizungsanlage kommt dagegen überwiegend dem Mieter zugute, der von einem geringeren Verbrauch profitiert. Folglich verbleiben dem Vermieter nur sehr geringe Anreize, in eine moderne Heizungsanlage zu investieren.

Da Investitionen in moderne Heizungsanlagen nicht nur aus ökologischer Sicht, sondern ggf. auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll, d.h. warmmietneutral, sein können, bedarf es staatlicher Anreize, um dieses Dilemma zu umgehen und für eine entsprechende Investitionskultur zu sorgen. Das Mietrecht sieht dazu in § 559 BGB eine Modernisierungsumlage vor, nach der der Vermieter einen gewissen Teil seiner Investitionen auf den Mieter umlegen kann. Leider zeigen Statistiken des Schornsteinfegerhandwerks, dass trotz dieser Umlagemöglichkeit ein Modernisierungsstau besteht, der bislang nicht überwunden werden konnte.

Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Beitrag die Modernisierungsanreize des deutschen Mietrechts in der aktuellen Rechtsprechung aus verhaltensökonomischer Sicht analysiert werden. Dazu werden einleitend die politischen Ziele und die aktuelle Gesetzeslage vorgestellt. Im Anschluss wird der Modernisierungsstau anhand der Daten des Schornsteinfegerhandwerks, das als einziges überverlässliche und flächendeckende Daten hierzu verfügt, aufgezeigt. Im letzten Abschnitt findet schließlich eine dreistufige Analyse statt, in der zunächst die Heizungsanlage als klassisches Investitionsgut charakterisiert wird. Im Anschluss werden die Auswirkungen der Gesetzeslage auf die Heizungsmodernisierung im Mietverhältnis beleuchtet, worauf schließlich ein verhaltensökonomischer Erklärungsansatz für den Modernisierungsstau folgt.

## 2 Staatliche Regulierung in der deutschen Wohnungswirtschaft

### 2.1 Grundsätzlicher Regulierungsbedarf

Die Vermietung von Wohnraum wird grundsätzlich in einem privatrechtlichen Vertrag, dem sogenannten Mietvertrag, zwischen Vermieter und Mieter geregelt. Ruhland und Herud (2009a) zeigen, dass der private Wohnraum-Mietvertrag aus Sicht der Neuen Institutionenökonomik grundlegende Gefahren für Vermieter und Mieter birgt, die durch Regulierungsmechanismen entschärft werden können. Hauptursache sind die Lock-in-Effekte, die ein Mietverhältnis gerade im Wohnungssektor mit sich bringt.

Auf der einen Seite trägt der Vermieter das Risiko, einen „schlechten“ Mieter auszuwählen. Gemäß der Prämissen der Neuen Institutionenökonomik, insbesondere das individuelle und opportunistische Streben nach Nutzenmaximierung sowie das Vorhandensein asymmetrischer Informationen, wird der Mieter die sich ihm offenbarenden distrekionären Handlungsspielräume zu Lasten des Vermieters ausnutzen (vgl. Ruhland und Herud 2009a, S. 241). Dies betrifft insbesondere den Gebrauch der Mietsache während der Vertragslaufzeit. I.d.R. wird ein Mieter den Wohnraum nicht mit der gleichen Sorgfalt nutzen, wie er es bei seinem eigenen Eigentum täte, sofern es der Vermieter nicht beobachten und einen nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch der Mietsache nachweisen kann (vgl. ebenda). Durch unsachgemäße Nutzung bzw. auch durch mangelnde Sorgfalt des Mieters kann somit der Wert der Wohnung gemindert werden, was empirisch gesehen auch häufig beobachtet wird.

Auf der anderen Seite leistet ein Mieter vertragsspezifische Investitionen, die ihm nachträglich zum Verhängnis werden können. Da Vermieter und Mieter nicht alle Eventualitäten, die während der Vertragslaufzeit auftreten können, voraussehen können, bleiben Mietverträge zwangsweise unvollständig. Dies ist ein ganz allgemeines Phänomen langfristiger Verträge. Leistet ein Mieter vertragsspezifische Investitionen, binden ihn diese an das Mietobjekt (vgl. ebenda). Soziale Kontakte, eine günstige Lage z.B. zum Arbeitsplatz sowie drohende Umzugskosten sind Beispiele für solche Investitionen. Ein Vermieter kann diese Situation des Mieters ausnutzen und z.B. die Miete nachträglich erhöhen (Hold-up-Problematik) (vgl. ebenda, S. 242).

Darüberhinaus geht der Gesetzgeber von einer sozialen Komponente im Wohnungsmietrecht aus (vgl. z.B. Bundestagsdrucksache 14/4553, S. 34; Klinski et al. 2009, S. 33, 164ff.). Diese ist u.a. Ausfluss der im Grundgesetz in Art. 1 Abs. 1 GG (in Verbindung mit dem Sozialstaatsprinzip nach Art. 20 Abs. 1 GG) festgelegten Verpflichtung des Staates zur Schaffung und Gewährleistung menschenwürdiger Existenzbedingungen für den Einzelnen. So genießen Mieter in Deutschland einen besonderen Schutz. Ein Vermieter von Wohnraum darf etwa gemäß § 573 Abs. 1 S. 1 BGB nicht das Mietverhältnis zum Zweck der Mieterhöhung kündigen.

Vor diesem Hintergrund haben sich in Deutschland Regulierungsmechanismen entwickelt, die diesen Problemen entgegenwirken und sowohl Vermieter als auch Mieter vor zu opportunistischem Verhalten der anderen Partei schützen sollen. Die Miete ist von der gesetzlichen Ausgestaltung her eine Inklusivmiete. Eine zusätzliche Erhebung von Pauschalen oder abzurechnenden Betriebskosten bedarf deshalb einer Vereinbarung (vgl. Schmid 2008, § 556 Rn. 5). Eine wichtige Besonderheit des Mietrechts ist deswegen die Aufteilung in Kalt- und Warmmiete. Während die Kaltmiete die laufenden Instandhaltungskosten sowie den Gewinn des Vermieters abdeckt, werden die ver- und gebrauchabhängigen Kosten (Betriebskosten) üblicherweise direkt an den Mieter weitergegeben (im Speziellen zu den Heizkosten siehe Beyer und Lippert 2009, S. 30). Die Kaltmiete wird in Struktur und Höhe durch einen Referenzwert

(Mietspiegel) geregelt, sodass die Ausnutzung von vertragsspezifischen Investitionen eingeschränkt wird. Die Nebenkosten werden insbesondere in der Struktur geregelt, sodass der Vermieter nur bestimmte Kosten auf den Mieter umlegen darf.

Die verbrauchsabhängigen Kosten wie Brennstoff- und Wasserkosten in Form der Nebenkosten komplett auf den Mieter umzulegen, schützt den Vermieter vor Flat-Rate-Verhalten des Mieters und den Mieter wiederum vor zu hohen Nebenkostenpauschalen und die Umwelt vor verschwenderischem Verhalten (vgl. Ruhland und Herud 2009a, S. 242). Allerdings ist diese Regelung auch verantwortlich für das sogenannte Investor-Nutzer-Dilemma. Eine kostenintensive Modifikation oder Verbesserung der Mietsache muss der Vermieter grundsätzlich aus der Kaltmiete bestreiten, die jedoch über Vergleichsmieten in der Höhe reguliert ist. Er kann die ihm dadurch entstehenden Kosten z.B. bei einer Heizungsmodernisierung weder über die eingesparten Brennstoffkosten noch über eine Erhöhung der Kaltmiete wieder gut machen, obwohl der überwiegende Nutzenanteil der Maßnahme beim Mieter liegt. Das Investor-Nutzer-Dilemma blockiert damit erforderliche Modernisierungsmaßnahmen, die gerade aus Gründen des Umweltschutzes höchst relevant sind (vgl. Abschnitt 2.2). Dementsprechend haben sich Modernisierungsregelungen im Mietrecht herausgebildet, die Vermieter Anreize geben sollen, erwünschte Investitionen durchzuführen (vgl. Abschnitt 2.3).

Das durch Regulierungsmechanismen anfänglich entstandene Investor-Nutzer-Dilemma führte zu weiteren Regelungen, die die Investitionsbereitschaft von Vermietern erhöhen sollen. Die Wohnungswirtschaft bedarf staatlicher Regulierung. Diese ist unter Abwägung der Interessen von Vermietern, Mietern und der öffentlichen Interessen, z.B. Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen – Art. 20a GG –, durchzuführen.

## 2.2 Klimaschutzziele und deren Einfluss auf das Mietrecht

Energieeffizienz als politisches Ziel bekam mit zunehmender Erkenntnis über den Wirkungszusammenhang zwischen Treibhausgasemissionen und globaler Klimaveränderung Relevanz.

Auf internationaler Ebene wurde 1997 mit dem Kyoto Protokoll erstmals ein Staatenabkommen geschaffen, durch welches klima- und damit auch energiepolitische Ziele festgelegt wurden. Deutschland verpflichtete sich, die eigenen Treibhausgasemissionen bis 2012 um 21% gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren (vgl. Protokoll von Kyoto 1997). Zu den Emissionsquellen wird in Anlage A des Protokolls auch die Verbrennung von Brennstoffen gezählt. Es ist davon auszugehen, dass das künftige Engagement zur Einsparung von Emissionen noch gesteigert werden muss (vgl. Ringel 2009, S. 71), um dem klimatischen Wandel entgegenzuwirken und den verschärften gesetzlichen Regelungen zu genügen.

Die neue Bundesregierung bekräftigt diesen Weg in ihrem Koalitionsvertrag (vgl. Bundesregierung 2009, Punkt 4.2, S. 25). In dem Vertrag wird der nachhaltige Klimaschutz als Ziel definiert und gleichzeitig die darin liegenden Chancen für eine langfristige Belebung der Konjunktur durch neue Technologie betont. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen steht dabei im Fokus. Bis 2020 sollen diese um 40% gegenüber dem Stand von 1990 reduziert werden (vgl. Erdmenger et al. 2007, S. 3). Neben verschiedenen anderen Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Emissionen wird auch der Wille zur Veränderung des Mietrechts deutlich (vgl. Bundesregierung 2009, S. 28). Durch stärkere Anreize soll die Investitionstätigkeit in effizientere Heizungs- und Warmwasseraufbereitungsanlagen gefördert werden. Zusätzlich sollen auch verbesserte Rahmenbedingungen für Dienstleistungsmodelle geschaffen werden, die zur Einsparung von Energie geeignet sind, z.B. Wärme- und Energie-Contracting (vgl. Bundesregierung 2007, S. 24).

### 2.3 Modernisierung im laufenden Mietverhältnis nach deutschem Recht

Die derzeitige Gesetzeslage regelt die Modernisierungsmöglichkeit von Wohnraummietobjekten sowie den darin befindlichen Heizungsanlagen während des laufenden Mietverhältnisses in den §§ 554 und 559 BGB. Um die Auswirkungen der Anwendung dieser Regelungen auf die Modernisierungstätigkeit bei Heizungsanlagen analysieren zu können, werden im Folgenden die tatbestandlichen Voraussetzungen, die ein Vermieter bei der Modernisierung seiner Heizungsanlage beachten muss, untersucht.

Zunächst ist zu konstatieren, dass nach § 535 Abs. 1 S. 1, 2 BGB der Vermieter verpflichtet ist, dem Mieter die Mietsache – sprich die Wohnung – in einem gebrauchsfähigen Zustand zu überlassen. Dies bedeutet, dass zunächst prinzipiell der Vermieter für die Versorgung einer vermieteten Wohnung mit Wärme verantwortlich ist (vgl. Weidenkaff 2008, § 535 BGB, Rn. 64). Soweit nichts anderes vereinbart wurde, hat der Vermieter nach der Vorschrift des § 556 Abs. 1 S. 1 BGB grundsätzlich die Betriebskosten der Wohnung und damit auch die Heizkosten zu tragen (vgl. Beyer und Lippert 2009, S. 31 mit Hinweisen auf Besonderheiten nach der HeizKVO). Doch hat nach § 6 Abs. 1 HeizKVO der Gebäudeeigentümer die Kosten der Versorgung mit Wärme und Warmwasser auf der Grundlage der Verbrauchserfassung nach Maßgabe der §§ 7 bis 9 HeizKVO auf die einzelnen Nutzer zu verteilen. In Abweichung zur Intention der Vorschrift des § 535 Abs. 1 S. 1, 2 BGB wird aus der Geltung dieser Normen der HeizKVO das sogenannte „Verbot der Bruttowarmmiete“ abgeleitet. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es sich dabei nicht um ein „gesetzliches Verbot“ im Sinne des § 139 BGB handelt, welches die Nichtigkeit eines dagegen verstoßenden Mietvertrags zur Folge hätte. Vielmehr ist der Mieter nach § 12 Abs. 1 S. 1 HeizKVO berechtigt, den auf ihn entfallenden Anteil der Kosten der Versorgung mit Wärme oder Warmwasser um 15 vom Hundert zu kürzen, wenn entgegen den Vorschriften der HeizKVO nicht verbrauchsabhängig abgerechnet wird. Damit der Vermieter die Heizkosten vollständig auf den Mieter umlegen kann, wird deswegen in der Regel keine Bruttowarmmiete vereinbart und man spricht vom Verbot der sogenannten „Verbot der Bruttowarmmiete“.

Wenn sich Vermieter und Mieter über den Einbau einer neuen Heizungsanlage einigen und der Mieter bereit ist, dafür eine höhere Miete zu zahlen, liegt eine Vertragsanpassung des Mietvertrags vor. Die Weitergabe der anteiligen Kosten der Heizungsanlage vom Vermieter an den Mieter ist insoweit unproblematisch möglich. Anders stellt sich der Sachverhalt dann dar, wenn der Mieter mit dem Vermieter nicht darüber einig wird, die Kosten für den Einbau einer neuen Heizung zu übernehmen. Wie bereits vorstehend erwähnt, finden sich gesetzliche Bestimmungen zur Heizungsmodernisierung – während des laufenden Mietverhältnisses – in den §§ 554, 559 BGB (zum Verständnis der §§ 554, 559 BGB als Teil des gebäudebasierten Energieeffizienzrechts vgl. Beyer und Lippert 2007, S. 125). Während § 554 BGB die Duldung von Instandhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen durch den Mieter zum Gegenstand hat, wird in § 559 BGB die Möglichkeit der Umlage der für die Modernisierung aufgewendeten Kosten geregelt.

§ 554 Abs. 2 S. 1 BGB räumt dem Vermieter das Recht ein, eine Modernisierungsmaßnahme einseitig durchzuführen. Der Mieter hat während des laufenden Mietverhältnisses die Modernisierung der Heizungsanlage zu dulden, wenn die Modernisierung nachhaltig ist und messbar zur Einsparung von Energie führt. Eine Mindesteinsparung an Energie wird vom Gesetz nicht verlangt (BGH 2002, NJW, S. 2037). Allerdings wird dem Mieter bei Vorliegen der tatbestandlichen Voraussetzungen des § 554 Abs. 3 BGB ein Sonderkündigungsrecht eingeräumt. Die in § 559 BGB geregelte Möglichkeit, die dem Vermieter durch die Heizungsmodernisierung entstandenen Kosten auf den Mieter umzulegen, ist dem Vermieter nur dann wahrnehmbar, wenn durch die Maßnahme entweder der Gebrauchswert der Mietsache nachhaltig erhöht

oder die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessert oder nachhaltig Einsparungen von Energie (unter der Formulierung „Einsparung von Energie“ im Sinne der §§ 554, 559 BGB ist nur die Einsparung von fossiler Primärenergie zu verstehen. Der Einsatz von regenerativen Energieträgern ist vom Einsparziel nicht umfasst (vgl. zum Ganzen: Beyer und Lippert 2007, S. 125f., m.w.N.)). Ferner dürfen nach § 559a BGB nur solche Kosten umgelegt werden, für die der Vermieter keine finanziellen Mittel Dritter oder aus öffentlichen Haushalten erhalten hat. Für das Teilgebiet der Heizungsmodernisierung lassen sich nach herrschender Meinung drei Fälle unterscheiden:

- (1) Instandhaltung: Sofern nicht anders vereinbart, trifft den Vermieter gem. § 535 Abs. 1 Satz 2 BGB die Instandhaltungspflicht während des Bestandes des Mietverhältnisses (vgl. Weidenkaff 2008, § 535 BGB, Rn. 38, m.w.N.). Instandhaltung bedeutet dabei die Aufrechterhaltung eines ordnungs- und vertragsgemäßen Zustandes des Mietobjekts während Instandsetzung die Überführung eines ordnungs- oder vertragswidrigen Zustandes in einen ordnungs- und vertragsgemäßen Zustand darstellt (vgl. AG Dortmund 1979, WuM, S. 146). Heizungsmodernisierungsmaßnahme ist dann als Instandhaltungsmaßnahme anzusehen, wenn die bestehende Heizungsanlage die gewöhnliche Lebens- und Nutzungsdauer überschritten hat – und somit als veraltet gilt – *und* die neue Heizungsanlage lediglich den gegenwärtigen Stand der Technik aufweist. Es ist dabei unerheblich, ob man mit der neuen Anlage durch einen deutlich höheren Effizienzgrad im Vergleich zur alten Anlage Energie einzusparen vermag. Liegt eine Instandhaltungsmaßnahme vor, so dient diese lediglich der Erfüllung des Mietvertrags. Der Vermieter kann insoweit die Kosten der Instandhaltung nicht auf den Mieter umlegen (vgl. Beyer und Lippert 2009, S. 31; Börstinghaus 2007, § 559, Rn. 164; Börstinghaus 2008, § 559 Rn. 11).
- (2) Modernisierende Instandhaltung: Unter die Kategorie modernisierende Instandhaltung fallen Heizungsmodernisierungen, bei denen die Altanlage die gewöhnliche Nutzungsdauer überschritten hat, die neue Anlage explizit jedoch auch dazu dient, Energie einzusparen. Die Anforderung an den Effizienzgrad der neuen Anlage ist demnach höher als bei der reinen Instandhaltung. Im Falle der modernisierenden Instandhaltung kann der Vermieter den Teil der Kosten, der zur Einsparung von Energie vorgesehen ist, auf den Mieter umlegen (vgl. Beyer und Lippert 2009, S. 32). Der andere Teil ist als Instandhaltungsanteil zu deklarieren und kann nicht auf den Mieter umgelegt werden (BGH 2001, NZM, S. 687; Arzt 2008, § 559 Rn. 24; Börstinghaus 2007, § 559, Rn. 164).
- (3) Modernisierung: Der dritte Fall beschreibt die echte Modernisierung. Hat die alte Anlage die gewöhnliche Nutzungsdauer noch nicht überschritten und dient die neue Anlage auch der Energieeinsparung, so ist die Modernisierungsmaßnahme vollständig als Modernisierung zu werten. In diesem Fall kann der Vermieter alle Kosten der Modernisierungsmaßnahme mieterhöhend auf den Mieter umlegen (vgl. Beyer und Lippert 2009, S. 32).

Die Einordnung hängt somit maßgeblich von Nutzungsdauer der Altanlage und der Qualität der neuen Anlage ab. Die gewöhnliche Nutzungsdauer einer Heizungsanlage variiert je nach Typ und Bauart. Auch wird sie in der Rechtsprechung nicht einheitlich behandelt. So hat etwa das Finanzgericht Mecklenburg-Vorpommern für eine Elektrospeicherheizung eine Nutzungsdauer von 10 Jahren (FG Mecklenburg-Vorpommern, Urt. v. 28.11.2000, Az.: 2 K 168/98, DStRE 2001, S. 931), das Finanzgericht Köln (FG Köln, Urt. v. 21.06.2001, Az.: 10 K 2455/96, EFG 2001, S. 1204) hingegen eine Nutzungsdauer von 25 Jahren angenommen. Die Finanzverwaltung nimmt demgegenüber für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen eine gewöhnliche Nutzungsdauer von 10 Jahren sowie für mit fossilen Energieträgern befeuerte Hei-

zungskessel eine gewöhnliche Nutzungsdauer von 15 Jahren an (BMF-Schreiben vom 15.12.2000, BStBl I 2000, 1532, Az.: IV D 2-S 1551-188/00, B/2-2-337/2000-S 1551 A). Aufgrund des in Deutschland zum gegenwärtigen Zeitpunkt herrschenden Verbreitungsgrades von Heizanlagen, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden, ist die Annahme einer durchschnittlichen Nutzungsdauer einer Heizungsanlage von 15 Nutzungsjahren als adäquat anzusehen (BGH 2009, NJW, S. 1212. Entwicklungen im deutschen Wärmemarkt können möglicherweise zukünftig eine Neubewertung dieser Annahme erfordern; vgl. Körber und Fricke 2009, S. 230). Bei längeren Nutzungsdauern gilt eine Anlage als veraltet. Welche Anlage den anerkannten Regeln der Technik (§ 23 EnEV) entspricht oder fortschrittlicher ist, kann aufgrund der ständigen technologischen Weiterentwicklung in Rechtsvorschriften nicht abschließend geregelt werden und unterliegt im Einzelfall der richterlichen Prüfung.

Sind die umlagefähigen Kosten identifiziert, darf der Vermieter nach § 559 Abs. 1 BGB die jährliche Miete um 11% dieser Kosten erhöhen. Die Erhöhung ist nicht bis zur Amortisation der Finanzierung befristet (vgl. Arzt 2008, § 559 Rn. 25). Eine solche Begrenzung gibt es bei Investitionen des Vermieters grundsätzlich nicht. Im Übrigen wird in aller Regel die erhöhte Miete lange vor der Amortisation von der ortsüblichen Vergleichsmiete eingeholt sein (vgl. Arzt 2008, § 559 Rn. 25; streitig a.A. noch: BGH 2002, NJW, S. 1739). Einer Mieterhöhung aufgrund einer Heizungsmodernisierung kann die Härtefallregelung aus § 554 BGB entgegenstehen. Befindet sich der Mieter in einer Notsituation oder ist es ihm nicht möglich, aufgrund fehlender Vergleichswohnungen von seinem Sonderkündigungsrecht Gebrauch zu machen (vgl. Abschnitt 2.1), so ist die Durchsetzung der Umlage problematisch. Gleiches gilt für den Fall, dass die Mieterhöhung die Einsparmöglichkeiten des Mieters um mehr als 200 % übersteigen, weil dann ein Verstoß gegen das Wirtschaftlichkeitsgebot vorliegt (vgl. Arzt 2008, § 559 Rn. 21, m.w.N.). Von den tatsächlich aufgewendeten Kosten sind danach nur diejenigen ansatzfähig im Rahmen der Mieterhöhung, die notwendig sind (vgl. Börstinghaus 2008, § 559 Rn. 22). Unnötige, unzweckmäßige oder überhöhte Aufwendungen (Luxusmodernisierung) können dagegen nicht angesetzt werden (vgl. Börstinghaus 2007, § 559, Rn 79). Denn den Umfang und die Art und Weise der baulichen Modernisierung bestimmt der Vermieter, während der Mieter insoweit kein Mitspracherecht hat. Es wäre daher unbillig, dem Mieter statt dem Vermieter das Risiko aufzuerlegen, auch solche Kosten im Rahmen der Modernisierungsmaßnahme zu tragen, die unnötig, unzweckmäßig oder ansonsten überhöht sind (BGH 2009, NJW, S. 840). Somit verhindert die Wirtschaftlichkeitsprämisse die wesentliche Unterschreitung der Nutzungsdauer von 15 Jahren; der Mieter kann die Modernisierung der Heizungsanlage weitestgehend „abwohnen“.

#### 2.4 „Normale“ Mieterhöhung nach § 558 BGB

Die Mieterhöhung im laufenden Mietverhältnis hängt grundlegend von der Ausgestaltung des jeweiligen Mietvertrages ab. Das Mietrecht sieht drei verschiedene Kategorien vor (vgl. Klinski et al. 2009, S. 63). Im Staffelmietvertrag werden Mieterhöhungen bereits beim Abschluss vereinbart. Orientiert sich die Miete an einem an die allgemeine Teuerungsrate angelehnten Index, so wird von einem Indexmietvertrag gesprochen. Der in der Praxis bedeutendste Fall (vgl. ebenda) – und daher in dieser Arbeit ausschließlich zugrundegelegte – „normale“ Mietvertrag sieht weder eine Indexkopplung noch einen vorab festgelegten Mieterhöhungsablauf vor. Vielmehr liegt die Mieterhöhung während der Vertragslaufzeit grundsätzlich im Ermessen des Vermieters, wird jedoch durch das Konzept der örtlichen Vergleichsmiete eingeschränkt (vgl. ebenda).

Nach § 558 Abs. 1 S. 1 BGB kann der Vermieter die Zustimmung zu einer Erhöhung der Miete bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete verlangen, wenn die Miete in dem Zeitpunkt, zu



dem die Erhöhung eintreten soll, seit 15 Monaten unverändert ist. Die ortsübliche Vergleichsmiete wird gemäß § 558 Abs. 2 BGB gebildet aus den üblichen Entgelten, die in der Gemeinde oder einer vergleichbaren Gemeinde für Wohnraum vergleichbarer Art, Größe, Ausstattung, Beschaffenheit und Lage in den letzten vier Jahren vereinbart oder geändert worden sind. Ausgenommen ist Wohnraum, bei dem die Miethöhe durch Gesetz oder im Zusammenhang mit einer Förderzusage festgelegt worden ist.

Das Mieterhöhungsverlangen nach § 558 Abs. 1 S. 1 BGB kann frühestens ein Jahr nach der letzten Mieterhöhung geltend gemacht werden, § 558 Abs. 1 S. 2 BGB. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Miete innerhalb von drei Jahren nicht um mehr als 20 Prozent erhöht werden darf (Kappungsgrenze). Von einer Mieterhöhung nach § 558 Abs. 1 BGB unberücksichtigt bleiben Mieterhöhungen nach § 559 BGB; dies heißt mit anderen Worten: Mieterhöhungen nach § 558 Abs. 1 BGB bis zur Höhe der ortsüblichen Vergleichsmiete und nach § 559 BGB wegen der Umlage von Modernisierungsaufwendungen sind prinzipiell gleichzeitig möglich.

### **3 Modernisierungstau im Heizungsbestand**

Die bestehende Gesetzeslage verhindert, dass eine Modernisierung im laufenden Mietverhältnis nicht nach freiem Ermessen des Vermieters durchgeführt werden kann, sondern unter Beachtung der zuvor geschilderten gesetzlichen Rahmenbedingung zu erfolgen hat. Diese schränken den Handlungsspielraum eines Vermieters zum Schutz der Interessen von Mietern ein, sollen jedoch gleichzeitig noch ausreichend Anreize bieten, dass notwendige Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Die tatsächliche Wirkung dieser Regulierungsmechanismen kann anhand amtlicher Statistiken des Schornsteinfegerhandwerks verdeutlicht werden. Ein Schornsteinfeger ist nach § 19 Schornsteinfeger-Handwerksgesetz (vgl. Bundesgesetzblatt I S. 2242 vom 26.11.2008) verpflichtet, ein so genanntes „Kehrbuch“ zu führen und in dieses periodisch Daten u.a. zur Altersstruktur von Heizungskesseln in Deutschland einzutragen sowie diese Daten der zuständigen Aufsichtsbehörde zur Verfügung zu stellen. Das Schornsteinfegerhandwerk bietet somit den hinsichtlich Umfang, Qualität und Verlässlichkeit den besten Datenbestand zur Ermittlung der Altersstruktur von Heizkesseln in Deutschland. Auch wenn die (vorliegenden) Altersstrukturdaten nicht separiert nach Wohnungsart, d.h. privat vs. gewerblich und Eigentümer- vs. Mietwohnungen, vorliegen, so geben sie dennoch allgemein wertvolle Hinweise zur Altersstruktur von Heizkesseln in Deutschland.

In Abb. 1 ist die Entwicklung der Altersstruktur von 1991 bis 2008 dargestellt (vgl. Schornsteinfegerhandwerk 1991 bis 2009). Im Jahr 2008 sind knapp 22% aller Anlagen älter als 21 Jahre. Rund 48% der Anlagen wiesen ein Alter zwischen 11 und 20 Jahren auf. Lediglich 31% sind jünger als 11 Jahre und können somit als modern angesehen werden. Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass vor allem der Anteil der sehr alten Anlagen im Zeitablauf sinkt, wohingegen schon der Anteil der Anlagen, die zwischen 1983-1987 erbaut wurden, relativ konstant bleibt. Dies spricht dafür, dass im Durchschnitt erst in einem hohen Alter modernisiert wird.

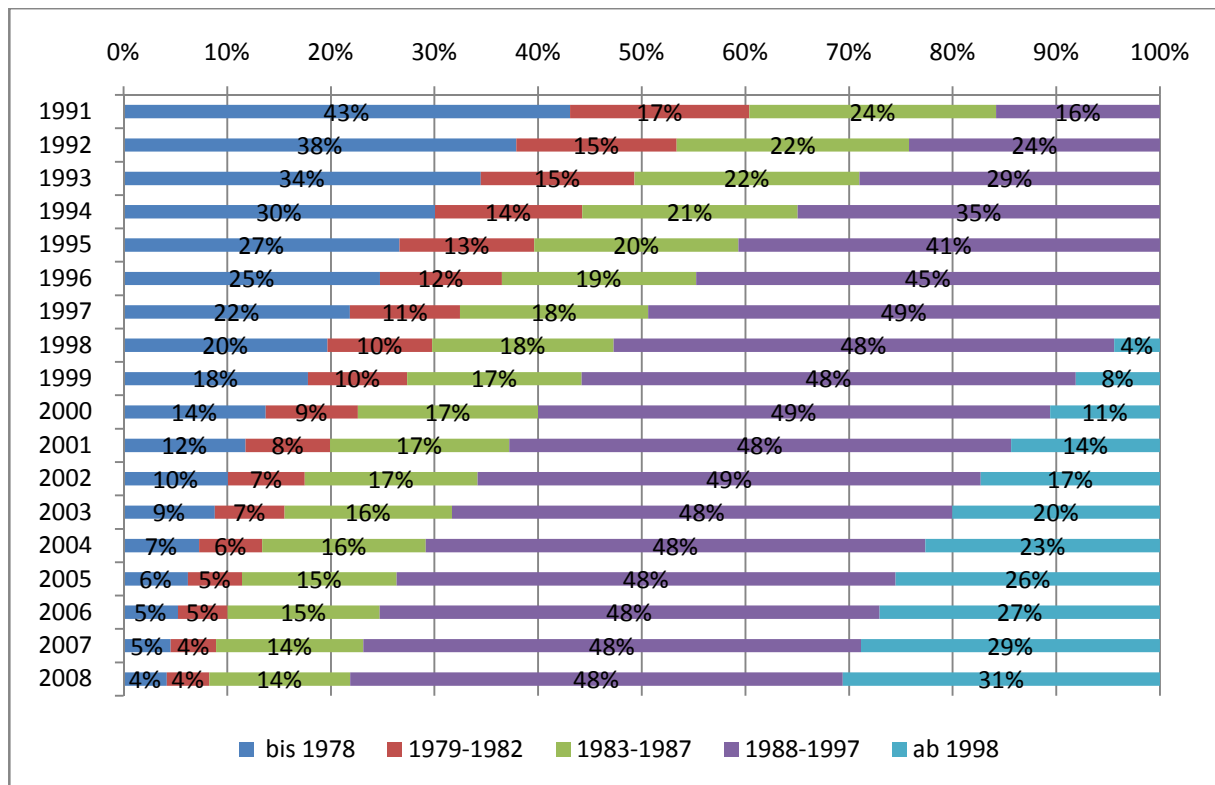


Abb. 1: Altersstrukturentwicklung von Heizkesselanlagen im Zeitraum 1991 bis 2008 (Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks)

Die empirischen Daten des Schornsteinfegerhandwerks veranschaulichen, dass der deutsche Heizkesselbestand veraltet ist. Bei der gesetzlich gewünschten Nutzungsdauer von 15 Jahren (vgl. Abschnitt 2.3) wäre zu erwarten, dass alle oder zumindest ein Großteil der in 1993 erbauten Anlagen spätestens im Jahr 2008 modernisiert sein sollten. Dem ist augenscheinlich nicht so. Im Zeitablauf ist zu sehen, dass hauptsächlich sehr alte Anlagen modernisiert werden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dies ist lediglich als gesamtwirtschaftlicher Nettoeffekt zu bewerten. Es muss keine Modernisierung im eigentlichen Sinn sein, es kann auch eine Anlage komplett stillgelegt werden, wobei in einem anderen Haus eine neue Anlage installiert wird.

## 4 Heizungsmodernisierung aus betriebswirtschaftlicher Sicht

### 4.1 Das Investitionsobjekt Heizungsanlage

#### 4.1.1 Energieeffizienz als Motor für Investitionen

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht kann eine Heizungsanlage als klassisches Investitionsobjekt angesehen werden. Ein Entscheider verwendet finanzieller Mittel zur Beschaffung der Heizungsanlage und erhofft sich dadurch höhere Geldrückflüsse in der Zukunft (Wöhe 2000, S. 617f.).

Der primäre Nutzen einer Heizungsanlage liegt in der Erzeugung von Wärme. Heizungsanlagen unterscheiden sich dahingehend hauptsächlich in der Effizienz der Umwandlung von Primärenergie in Nutzenergie (zu den Begrifflichkeiten Primär-, Sekundär- und Nutzenergie siehe Glossar der Bundesregierung). Der wesentliche Markttreiber ist daher die Effizienzsteigerung von Heizkesseln, wie ein Blick auf die Entwicklung von Heizkesseltechnologien zeigt. Lag der Effizienzgrad älterer Heizkessel bei rund 70%, können moderne Niedertemperaturkessel bereits einen Effizienzgrad von ca. 90% aufweisen (vgl. Buderus 2006). Mit der Brennwerttechnologie konnte dieser Wert schließlich noch einmal verbessert werden (vgl. Breidenbach 2007).

Der Entscheider kann somit durch eine Modernisierung der Altanlage und der damit einhergehenden Erhöhung des Effizienzgrades Energieverluste bei der Wärmeerzeugung reduzieren und damit zukünftig Brennstoffkosten einsparen. Zusätzlich werden kostenintensive Reparaturen an der Altanlage, die bei steigender Nutzungsdauer vermehrt auftreten, vermieden. In einer selbstgenutzten Wohnung muss sich ein Vermieter somit aus wirtschaftlicher Sicht von Zeit zu Zeit die Frage stellen, ob die zukünftig möglichen Brennstoffeinsparungen und die Vermeidung von Kosten für Wartung und Instandhaltung eine Investition in eine neue Anlage rechtfertigen. Bei diesen Überlegungen sind auch die Liquiditätssituation sowie andere Kapitalanlagemöglichkeiten (Opportunitäten) zu berücksichtigen.

#### 4.1.2 Die Problematik der Nutzungsdauer

Die Erwartungen über die technische Nutzungsdauer spielt für die wirtschaftliche Bewertung der Vorteilhaftigkeit einer Heizungsmodernisierung eine wesentliche Rolle. Wird eine zu kurze Nutzungsdauer erwartet, können die möglichen Brennstoffeinsparungen die Wirtschaftlichkeit der Investition womöglich nicht sicherstellen, sodass die Investition soweit zeitlich verschoben wird, bis günstige Rahmenbedingungen – Reparatur- bzw. Wartungskosten der Altanlage, Verhältnis Preis pro Effizienzpunkte und der Preis für Primärenergie – eintreten oder die Altanlage aus technischen Gründen nicht mehr weiterbetrieben werden kann.

Die Bestimmung einer realistischen Nutzungsdauer ist allerdings problematisch, weil nutzbare Erfahrungswerte für neue Anlagen durch die langen Lebenszyklen einer Anlage und die technische Entwicklung grundsätzlich fehlen. Daher bieten häufig nur die Hersteller von Heizungsanlagen bzw. andere Experten Einschätzungen über die technische Nutzungsdauer von modernen Anlagen an.

Diese Angaben sind in der Regel Durchschnittswerte, d.h. es werden Anlagen eines Typs existieren, deren Lebensdauern darüber oder darunter liegen. Eine vom Käufer mögliche erwartete Wahrscheinlichkeitsverteilung ist in Abb. 2 schematisiert dargestellt. Die vom Hersteller angegebene mittlere Nutzungsdauer wird durch  $\mu_1$  repräsentiert und entspricht dem dem Erwartungswert der Verteilung.

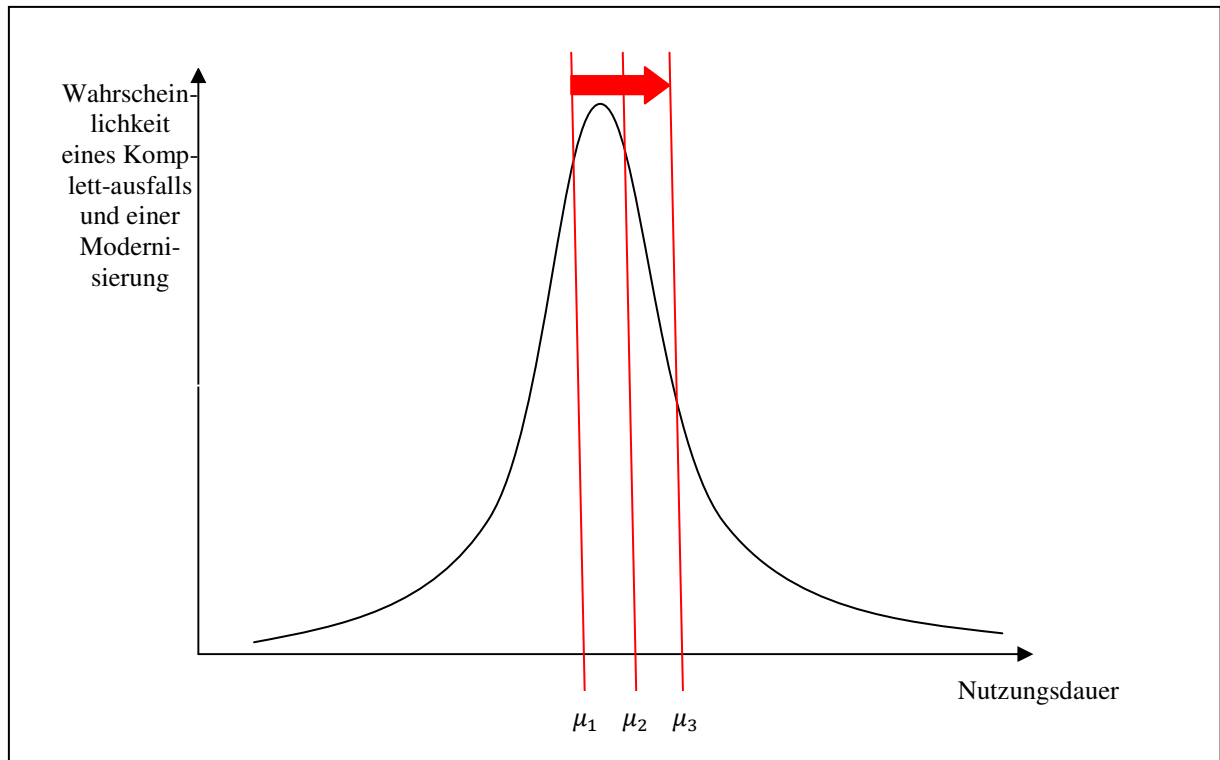


Abb. 2: Erwartete und tatsächliche Nutzungsdauer einer Anlage

Zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung (*ex ante*) kennt der Vermieter die vom Hersteller angegebene Nutzungsdauer, welche als durchschnittliche Nutzungsdauer in seine Kalkulation einfließt. Gleichzeitig weiß er jedoch auch um die damit verbundene Unsicherheit, eine genaue Verteilung liegt nicht vor. Je nach Risikoeinstellung wird der Entscheider nun von der vom Hersteller angegebene Nutzungsdauer abweichen. Ein risikoaverser Entscheider beispielsweise wird demnach eine geringere Nutzungsdauer erwarten und dementsprechend geringere Rückflüsse. Die Altanlage wird demnach womöglich länger genutzt.

Nach der Modernisierung (*ex-post*) mit einer kalkulierten erwarteten Nutzungsdauer von  $\mu_1$  kommt es allerdings im Durchschnitt zu einer Abweichung von der geplanten Nutzungsdauer.

Zum einen wird in den wenigsten Fällen – Ausnahmen könnten veränderte Rahmenbedingungen wie Subventionen sein – in eine neue Anlage investiert, sofern die Anlage innerhalb der ersten Nutzungsjahre, d.h. vor dem Erreichen der geplanten Nutzungsdauer, ausfällt. Vielmehr ist aus einigen anderen Branchen, z.B. Automobilbau, bekannt, dass gerade bei frühen Ausfällen auch aufwendige Reparaturen in Kauf genommen werden, da die Anlage gerade dann oft sehr lange und kostengünstig betrieben werden kann. Daher führen im Betrieb frühe Ausfälle – auch kostenintensive – in der Regel nicht zu erneuten Modernisierungen. Dies kann die mittlere *tatsächliche* Nutzungsdauer  $\mu_2$  gegenüber  $\mu_1$  erhöhen,  $\mu_2 > \mu_1$ .

Die Spezifität der Investition verursacht einen ähnlichen Effekt. Die Kosten für die Heizungsanlage sind *ex post* für den Entscheider versunken (sunk costs). Heizungsanlagen können in der Regel auf Grund des technischen Fortschritts, der langen Lebensdauern und spezifischer sowie kostenintensiver Installationsarbeiten nicht mehr liquidiert werden. Ein Entscheider wird demnach von seinem ursprünglichen Plan  $\mu_1$  abweichen und eine Anlage, sofern sie erst einmal ein gewisses Alter erreicht hat, im Sinne einer rollierenden Planung solange betreiben, bis die tatsächlich eintretenden Kosten einen Weiterbetrieb unwirtschaftlich erschei-

nen lassen. Diese Abweichung vom ursprünglichen Plan  $\mu_1$  erhöht die mittlere tatsächliche Nutzungsdauer erneut:  $\mu_3 > \mu_2$ . Ein ähnliches Verhalten ist auch in der Automobilbranche zu beobachten. Fahrzeuge werden mit einer bestimmten Lebenserwartung gekauft. Wird diese jedoch erst einmal erreicht, werden Besitzer von Jahr zu Jahr bzw. von TÜV-Prüfung zu TÜV-Prüfung überprüfen, ob die tatsächlichen Kosten so hoch sind, dass eine Reparatur nicht mehr lohnt.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass bei der Modernisierung einer Heizungsanlage aus Mangel an Erfahrungswerten auf die Angaben der Heizungshersteller zurückgegriffen werden muss. Es zeigt sich, dass die Heizungsanlage in der Regel im späteren Betrieb auf Grund der der versunkenen Kosten und dem Effekt der „frühen Reparatur“ länger betrieben wird als beim Kauf ursprünglich erwartet.

#### 4.2 Das Investitionskalkül im Mietverhältnis

In einer selbstgenutzten Wohnung kann der Eigentümer relativ unabhängig über eine Modernisierung der Altanlage entscheiden. Anders stellt sich die Situation im Mietverhältnis dar, in das die in Abschnitt 2.3 vorgestellten gesetzlichen Regelungen deutlich in das Entscheidungsfeld des Vermieters eingreifen, wie die folgenden Ausführungen zeigen.

Grundsätzlich hat der Vermieter die Pflicht zur vertragsgemäßen Wärmeversorgung einer vermieteten Wohnung, behält aber die freie Wahl über die Art und den Umfang der Modernisierung. Auch der Zeitpunkt der Modernisierung bzw. die Nutzungsdauer wird per Gesetz nicht oktroyiert. Darüber hinaus trägt er wie im Fall der selbstgenutzten Wohnung die Investitions- sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten. Aufgrund des Verbotes der Bruttowarmmiete, d.h. der Pflicht der Umlage der verbrauchsabhängigen Kosten, profitiert jedoch der Vermieter nicht direkt von den mit der Modernisierung verbundenen Einsparungen an Brennstoffkosten. Die somit fehlenden positiven Rückflüsse würden die Investitionsanreize deutlich senken, was zu einer minimalen Investitionsmoral führen würde.

Um die Modernisierung für den Vermieter trotzdem günstig erscheinen zu lassen, sieht der Gesetzgeber zwei (artifizielle) Möglichkeiten vor, zusätzliche Einnahmen vom Mieter zu verlangen. Zum einen kann er den herkömmlichen Weg der Mieterhöhung nach § 558 Abs. 1 BGB gehen und/oder die Umlagemöglichkeit nach § 559 BGB in Anspruch nehmen (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.4). Beide Möglichkeiten sind mietspiegelwirksam.

Während die „normale“ Mieterhöhung nach § 558 BGB bei Vorliegen der tatbestandlichen Voraussetzungen der Vorschrift keiner sachlichen Begründung bedarf, zielt § 559 BGB explizit auf die Förderung von Modernisierungsmaßnahmen ab. Dieses „Subventionsprogramm“ sieht eine jährliche anteilige Umlage der Investitionskosten auf den Mieter vor, die zeitlich nicht beschränkt ist. Durch die Fixierung des Umlagesatzes auf  $u \in [0,1]$  begrenzt der Gesetzgeber bei ewiger vorschüssiger monatlicher Umlage die maximal mögliche – ohne Kosten und Mietausfälle – Rendite  $r^*$  auf  $r^*(u) = \left(-\frac{12}{u-12}\right)^{12} - 1$  (vgl. konkrete Werte in Tab. 2; siehe weitere Renditeformeln im Appendix I).

Die Möglichkeit, eine Mieterhöhung nach § 559 BGB überhaupt in Anspruch nehmen zu können, hängt jedoch von dem Zeitpunkt der Modernisierung wie folgt ab (vgl. Abschnitt 2.3). Nur sofern die Altanlage die gewöhnliche Nutzungsdauer (im Weiteren werden ca. 15 Jahre unterstellt) nicht überschritten hat, darf ein Vermieter die Investitionskosten vollständig umlegen. Ist die Altanlage länger als die gewöhnliche Nutzungsdauer in Betrieb, kann je nach Technologiestand der neuen Anlage höchstens einen Teil der Kosten (Modernisierungsanteil) auf den Mieter umgelegt werden. Einer wesentlichen Unterschreitung der gewöhnlichen Nut-

zungsdauer steht das Wirtschaftlichkeitsgebot, d.h. das Recht des Mieters die Mieterhöhung abzuwehren zu dürfen, entgegen. Diese Regelung begünstigt somit eine frühzeitige Modernisierung, während späte finanziell benachteiligt werden. Somit entstehen für den Vermieter drei unterschiedlichen Entscheidungssituationen in Abhängigkeit der Nutzungsdauer der Altanlage.

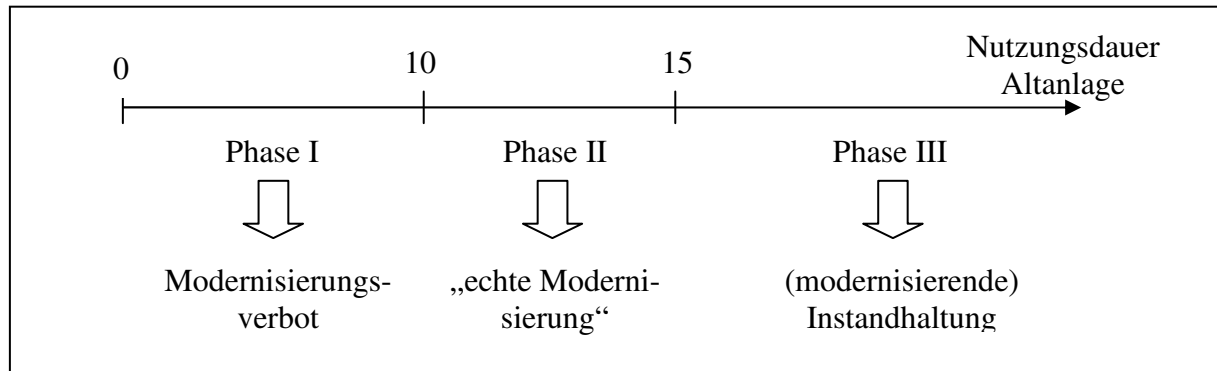


Abb. 3: Unterschiedliche Entscheidungssituationen

In den ersten ca. 10 Nutzungsjahren – dies ist ungefähr die Amortisationszeit (vgl. Tab. 2) – der Altanlage (Phase I) wird der Vermieter nicht modernisieren. Das Wirtschaftlichkeitsgebot steht einer frühzeitigen Modernisierung entgegen, um das Verhältnis von Mieterhöhung und eingesparter Brennstoffkosten zu wahren und damit den Mieter nicht unverhältnismäßig hoch zu belasten. Der Vermieter besitzt in dieser Phase keine Entscheidungsgewalt.

Im Anschluss an Phase I – der Übergang ist fließend – bis zum Erreichen der gewöhnlichen Nutzungsdauer von 15 Jahren, steht der Vermieter kontinuierlich vor der Entscheidung zu modernisieren oder die Altanlage weiterzubetreiben (Phase II). Für beide Varianten gibt es Vor- und Nachteile (vgl. Tab. 1):

Modernisierung		Weiterbetrieb	
+	Der Modernisierungsanteil aus der alten Kaltmiete kann weiterhin, nunmehr ohne konkrete Gegenleistung vereinnahmt werden (Treppeneffekt)	+	Geringer Liquiditätsbedarf
+	Wartungsarmer Betrieb der neuen Anlage; geringe Instandhaltungs- und Wartungskosten	+	Keine Mieterhöhung
+	Komplette Umlagemöglichkeit der Modernisierungskosten auf den Mieter mit maximaler Renditemöglichkeit von ca. 11,5%	+	Geringere Transaktionskosten
+	Moderne Anlage als Aushängeschild (Prestige)	+	Spielraum, die Miete über die normale Mieterhöhung ohne Investitionen anzuheben
-	Liquiditätsbedarf	-	Höhere Betriebskosten aufgrund der langen Nutzungsdauer
-	Risiko auf Ausfall der Mieteinnahmen in Folge der Mieterhöhung	-	Unsicherheit über die verbleibende Nutzungsdauer
-	Transaktionskosten: Suche geeigneter Handwerker, Auswahl einer Anlage, Koordination der Bauarbeiten usw.	-	Nur bedingte Umlagemöglichkeiten bei Modernisierung
-	Kapitalbindung		

Tab. 1: Pro und Kontra für eine Modernisierung nach §559 BGB

I. Modernisierung:

Sofern sich der Vermieter für eine Modernisierung entscheidet, muss er zunächst finanzielle Mittel für den Kauf einer neuen Anlage aufbringen. Der Gesetzgeber erlaubt ihm dann allerdings, einen Teil der Modernisierungskosten jährlich auf den Mieter umzulegen. Bei einem Umlagesatz von 11% und einer unendlichen Laufzeit kann der Vermieter nach der Regel der Kapitalwertmethode (vgl. Enseling 2003) mit einer maximalen Rendite von ca. 11,7% rechnen (vgl. Tab. 2). Die Rendite ist allerdings unsicher. Zum einen kann es zu Mietausfällen kommen, da durch die Mieterhöhung das Risiko des Leerstandes erhöht wird. Zum anderen hängt die Rendite auch von der zukünftigen Kostensituation ab. Diese ergibt sich aufgrund des Bedarfs an Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, die allerdings erst in späteren Nutzungsjahren zu erwarten sind. Durch erneut frühzeitige Modernisierung kann ein Vermieter diese Kosten weitestgehend vermeiden, jedoch trotzdem den entsprechenden Umlageanteil weiterhin einnehmen (vgl. Tab. 1).

II. Weiterbetrieb:

Für den Weiterbetrieb der Anlage spricht vor allem, dass die Investition hinausgezögert werden kann. Gerade bei Liquiditätsengpässen bzw. lukrativen anderen Investitionsmöglichkeiten (hohe Opportunitätskosten) könnte sich diese Strategie als vorteilhaft erweisen, setzt allerdings auch einen grundsätzlich kostengünstigen und entsprechend langen Restbetrieb der Anlage voraus. Der Weiterbetrieb erscheint desweiteren günstig, weil die Pflicht zur Wärmeversorgung auch ohne Kaltmieterhöhung erfüllt werden kann. Dies reduziert das Risiko des Leerstandes bzw. kann in gewissen Umfang auch durch die reguläre Kaltmieterhöhung nach § 558 BGB erfolgen. Letzterem stehen keine Investitionen und keine Kosten gegenüber, sodass eine normale Mieterhöhung einer Modernisierungsumlage nach § 559 BGB prinzipiell wirtschaftlich vorzuziehenswert erscheint. Für eine Verschiebung der Modernisierung spricht weiterhin, dass dem Vermieter weniger Transaktionskosten entstehen. Eine „Bis-zum-Ende“-Strategie besitzt im Vergleich zur „15-Jahres-Modernisierungsstrategie“ i.d.R. längere Modernisierungszyklen. Bei ersterem fallen demnach vergleichsweise weniger Modernisierungen an, d.h. die Transaktionshäufigkeit ist geringer. Dies reduziert die üblichen Informationsbeschaffungs-, Vertragsanbahnungs- und Verhandlungskosten.

Umlagesatz u (%)	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
max. interner Zinsfuß r* (%)	3,0	4,1	5,1	6,2	7,3	8,4	9,5	10,6	11,7	12,8	14,0	15,1	16,3	17,5
Amortisation bei 3% (Jahre)	-	44	29	22	18	15	13	11	10	9	8	7	7	6
Amortisation bei 5% (Jahre)	-	-	-	32	23	18	15	13	11	10	9	8	7	7
Amortisation bei 7% (Jahre)	-	-	-	-	40	25	19	15	13	11	10	9	8	7

Tab. 2: Maximaler interner Zinsfuß bei monatlicher vorschüssiger Zahlungsreihe und minimale Amortisationszeiten bei jährlicher vorschüssiger Zahlungsreihe in Abhängigkeit vom Umlagesatz

Hat der Vermieter die gewöhnliche Nutzungsdauer erst einmal überschritten, kann er höchstens noch den Modernisierungsanteil auf den Mieter umlegen (Phase III). Die gewöhnliche Erneuerung gilt als Instandhaltung und kann nicht auf den Mieter umgelegt werden. Aus wirtschaftlicher Sicht unterliegt der Vermieter nun der Sunk-Cost-Problematik, da die Kosten für die Heizungsanlage irreversibel sind (vgl. Abschnitt 4.1.2). In Phase III zu modernisieren bedeutet, eine zahlungswirksame Investition durchzuführen, deren hauptsächlicher Nutzen nur

noch darin besteht, die für die Altanlage notwendigen Instandhaltungs- und Wartungskosten zu vermeiden und ggf. die Attraktivität der Wohnung für Mieter zu erhöhen. Zusätzliche Mieteinnahmen über § 559 BGB können – bis auf den Modernisierungsanteil – allerdings nicht mehr vereinnahmt werden. Die rechnerische Trennung von Instandhaltungskosten und Modernisierungsanteil ist in der Praxis regelmäßig mit deutlichem Aufwand verbunden und spielt deswegen nur eine untergeordnete Rolle. Daher wird von dieser Variante im Weiteren abgesehen. Eine frühzeitige Modernisierung in Phase III erscheint damit wirtschaftlich ungünstig, vielmehr wird die Altanlage solange weiterbetrieben, bis die Instandhaltungskosten zu hoch werden bzw. ein zu großer Wettbewerbsnachteil und damit Leerstand droht (vgl. Abschnitt 4.1.2).

Die Ausführungen zeigen, dass es im Wesentlichen zwei zentrale Strategien für den Vermieter gibt, entweder eine Investition in eine neue Heizungsanlage innerhalb der gewöhnlichen Nutzungsdauer vornehmen und die Umlage nach § 559 BGB in Anspruch nehmen oder die Anlage sehr lange zu betreiben. Weiterhin kann festgestellt werden, dass der gesetzliche Umlagesatz in Höhe von 11% eine nicht unerhebliche maximale Renditemöglichkeit von ca. 11,7% gestattet. Verglichen mit anderen Anlagemöglichkeiten ist dies durchaus konkurrenzfähig.

Diese zu erreichen, bedarf jedoch einer weitestgehenden Kostenvermeidung und die tatsächliche Vereinnahmung der 11%-Umlage jeweils vor allem in den ersten Nutzungsjahren (vgl. auch DVW 2009, S. 9). Während die Kostenentstehung in den ersten Jahren noch relativ kalkulierbar ist – z.B. durch Herstellergarantien – und die laufenden Kosten in späteren Jahren relativ wenig ins Gewicht fallen bzw. durch erneute frühzeitige Modernisierung nahezu komplett vermieden werden können, hängt die Vereinnahmung der 11%-Umlage entscheidend vom Verhalten des Mieters ab. Kann vom Mieter tatsächlich nur eine geringere Umlage verlangt werden oder entstehen Mietausfälle, schmälert dies die Rendite und verlängert die Amortisationsdauer mitunter erheblich, wie Tab. 2 zeigt (vgl. DVW 2009, S. 5). Ein Weiterbetrieb bis zum technischen Ende der Anlage könnte in diesen Fällen meist die wirtschaftlich sinnvollere Variante sein.

#### 4.3 Spieltheoretische Aspekte bei der Modernisierung von Heizungsanlagen im laufenden Mietverhältnis

Wie im vorigen Abschnitt dargestellt, ist die Entscheidung für eine Modernisierung innerhalb der gewöhnlichen Nutzungsdauer mit Unsicherheit sowohl über die Kostenentstehung während der Nutzungsdauer als auch über die Vereinnahmung der zusätzlichen Mieteinnahmen verbunden. Insbesondere die zukünftigen Mieteinnahmen hängen entscheidend vom Verhalten des Mieters bzw. möglicher Folgiemietern ab. Ein rationaler Vermieter wird das Verhalten des Mieters versuchen zu antizipieren und seine Erwartungen über den Mieter in seine Entscheidung mit einfließen lassen. Vor diesem Hintergrund soll die Modernisierungsentscheidung eines Vermieters in den folgenden beiden Abschnitten aus spieltheoretischer Sicht analysiert werden. Ziel ist es, aus der Vielzahl sehr komplexer Szenarien typische allgemeine Entscheidungssituationen zu identifizieren und zu untersuchen, um grundsätzliche Marktmechanismen ableiten zu können.

##### 4.3.1 *Das Free-Rider-Problem*

Zum Schutz der Mieter vor Mietwucher hat der Gesetzgeber in § 558c BGB die Möglichkeit eingeführt, einen Mietspiegel für ein bestimmtes Gebiet zu erstellen (§ 558c Abs. 1, 2 BGB). Dieses Vergleichssystem bildet die durchschnittlich gezahlte Miete für Wohnraum in einer bestimmten Gemeinde oder einem Gemeindegebiet ab. Um den unterschiedlichen Ausstat-



tungsvarianten von Mietwohnungen gerecht zu werden, wird der Mietspiegel differenziert nach bestimmten Wohnungstypen aufgestellt. Diese Kategorisierung umfasst allerdings nur grobe Einteilungen, um noch eine ausreichende statistische Masse zu gewährleisten. Energetische Kriterien fehlen zumeist als Differenzierungsmerkmal (vgl. Klinski et al. 2009, S. 185)

Bei Mieterhöhungen nach § 558 Abs. 1 BGB während des laufenden Mietverhältnisses ist eine Erhöhung der Miete nur bis an die (Ober-)Grenze der ortsüblichen Vergleichsmiete möglich. Die vereinbarte Miete in neuen Mietverträgen muss sich im Allgemeinen auch am Mietspiegel orientieren, um nicht als sittenwidrig zu gelten. So stellt es etwa eine Ordnungswidrigkeit des Vermieters dar, wenn er eine Miete verlangt, die die ortsübliche Vergleichsmiete um mehr als 20% übersteigt (§ 5 WiStGB). Für Mieter dient der Mietspiegel insbesondere als objektives, transparentes und leicht nachvollziehbares Maß für eine angemessene bzw. marktübliche Höhe der Miete. Vermieter profitieren von der daraus resultierenden hohen Akzeptanz beim Mieter, in dem Mieterhöhungen bis zur Höhe der Vergleichsmiete ohne Rücksicht auf etwaige Widerstände des Mieters durchsetzbar sind (vgl. Klinski et al. 2009, S. 87).

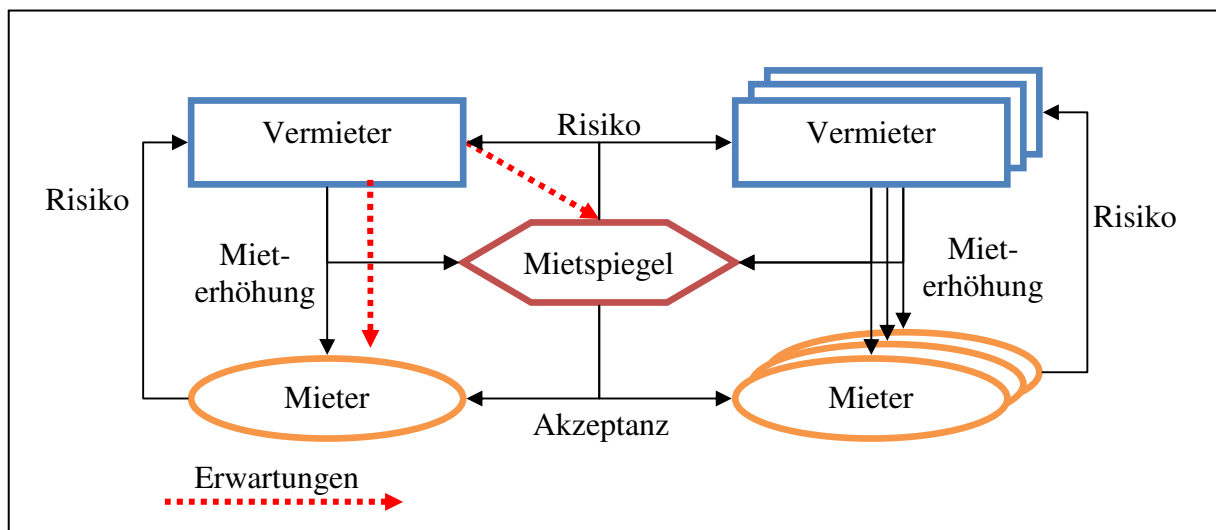


Abb. 4: Grundlegende Spielsituation bei einer Mieterhöhung

Die ortsübliche Vergleichsmiete ist vom Gesetzgeber als relative Größe definiert worden, um flexibel den Marktentwicklungen folgen zu können. Damit kann sie sich grundsätzlich durch die normale Mieterhöhung, durch neue Mietverträge mit einem abweichenden Mietzinsniveau aber auch durch außerordentliche Maßnahmen, wie z.B. Umlagen infolge von Modernisierungsmaßnahmen, verändern.

Für Vermieter entsteht daraus folgendes Entscheidungsproblem (vgl. Loga et al. 2007, S. 28): Die Inanspruchnahmen der Umlagemöglichkeit nach § 559 BGB zwar unabhängig vom Mietspiegelniveau möglich, aber trotzdem mietspiegelwirksam. Die normale Mieterhöhung kann grundsätzlich (ggf. auch zusätzlich zur Modernisierungsumlage) vom Vermieter bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete eingefordert werden. Steigt die ortsübliche Vergleichsmiete, u.a. weil einige Vermieter modernisieren und die Umlage nach § 559 BGB in Anspruch nehmen (vgl. Klinski et al. 2009, S. 65), eröffnet dies einen Spielraum für andere Vermieter, die eigene Miete über eine normale Mieterhöhungen zu erhöhen (Free-Rider) (vgl. Klinski et al. 2009, S. 89f.). Aufgrund der Durchschnittsberechnung wird ein Vermieter mit einer Free-Rider-Strategie umso mehr profitieren, je mehr andere Vermieter die Modernisierungsumlage verwenden und damit die ortsübliche Vergleichsmiete erhöhen.

Damit ist eine klassische Spielsituation gegeben, da der Nutzen der Entscheidung eines Vermieters auch von dem Verhalten anderer Vermieter abhängt. Ein rationaler Vermieter wird das mögliche Verhalten anderer Vermieter bei seiner Entscheidung antizipieren und unter Berücksichtigung dessen eine Strategie auswählen. Um die Grundproblematik zu verstehen und einen Anhaltspunkt für das Verhalten von Vermietern unter dem Gesichtspunkt des Mietspiegels zu geben, werden aus Vereinfachungsgründen von der Vielzahl der möglichen Strategien eines Vermieters und der unterschiedlichen Rahmenbedingungen abstrahiert und folgende Situation betrachtet.

In einem abgeschlossenen Wohnungsmarkt mit einem Mietspiegel gibt es  $1 \dots j \dots n$  Vermieter und laufende Mietverhältnisse. Jeder Vermieter bezieht zunächst den gleichen Mietzins. Der Mietspiegel als Durchschnittswert entspricht dann diesem. Zu einem Zeitpunkt  $t$  befinden sich nun alle Vermieter in Phase II (vgl. Abschnitt 4.2) und stehen damit vor der Entscheidung, die jeweilige alte Heizungsanlage zu modernisieren und die Investitionskosten nach § 559 BGB auf den Mieter umzulegen ( $m_j$ ) oder die Altanlage weiterzubetreiben und eine Modernisierung später, aber ohne Umlage, durchzuführen ( $w_j$ ). Es soll für alle Vermieter  $j$  gelten:  $s_j \in S_j = \{m_j, w_j\}$ .

Verfolgt ein Vermieter  $j$  Strategie  $m_j$ , hat er eine Auszahlung für den Kauf der Neuanlage in Höhe von  $a > 0$  zu leisten. Dafür kann er idealerweise den Anteil  $u$  dieser Kosten als ewige jährliche Rente vereinnahmen.

Allerdings ist die Vereinnahmung der Umlage unsicher. In diesem Modell wird das Risiko des Mietausfalls über den Mietspiegel abgebildet. Die Höhe des Mietspiegels hängt von dem Modernisierungsverhalten aller Vermieter ab. Die Anzahl der Vermieter, die modernisieren, sei durch  $M(S)$  gegeben, dann ist die Wahrscheinlichkeit für einen Mietausfall, hier durch die lineare Funktion  $p = 1 - \frac{M(S)}{n}$  repräsentiert, um so größer, je weniger andere Vermieter die Umlage in Anspruch nehmen bzw. je mehr der neue Mietzins eines Vermieters vom Mietspiegelniveau abweicht. Sofern ein Mietausfall eintritt, erhält der Vermieter im Durchschnitt noch die ursprüngliche ortsübliche Vergleichsmiete. Ferner wird angenommen, dass ein Mietausfall nach dem ersten Nutzungsjahr eintritt. Dies lässt sich damit begründen, dass Mieter aufgrund der Lock-in-Effekte und sowie zeitlicher Restriktionen in der Regel nicht von seinem Sonderkündigungsrecht gebraucht macht (vgl. Abschnitt 2.1). Vielmehr brauchen sie eine gewisse Zeit, eine andere Wohnung zu suchen. Außerdem könnten sie auch erst einmal die erste Nebenkostenabrechnung abwarten wollen. Eine Kündigung in späteren Jahren aufgrund der Mietpreiserhöhung kann auch als unwahrscheinlich angenommen werden, da zum einen die Preiserhöhung nicht mehr präsent ist und zum anderen die Entscheidung für eine Kündigung einmalig und relativ früh getroffen wird.

Die Auszahlungsfunktion  $e_j^m$  eines Vermieters  $j$ , der modernisiert, in Abhängigkeit des Verhaltens aller anderen Vermieter, abgebildet durch  $s_{-j} \in S_{-j}$ , ist damit gegeben durch:

$$e_j^m(m_j, s_{-j}, a, u, i) = \underbrace{-a + u \cdot a \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1+i}\right)^t}_{\text{unsicher}} = \begin{cases} \overbrace{-a + u \cdot a \cdot \frac{1+i}{i}}^{\text{Kein Mietausfall}} & \text{mit } p = \frac{M(s)}{n} \\ \underbrace{-a + u \cdot a}_{\text{Mietausfall nach 1 Jahr}} & \text{mit } p = 1 - \frac{M(s)}{n} \end{cases}$$

Betreibt der Vermieter  $j$  die Altanlage weiter, so kann er das Investitionsbudget  $a$  ohne Risiko mit einer Verzinsung in Höhe von  $i$  am Kapital anlegen. Ferner kann er die Miete durch eine

normale Mieterhöhung mit einer Verzögerung von einem Jahr bis auf das Niveau des veränderten Mietspiegels erhöhen. Von den zeitlichen Restriktionen und der Kappungsgrenze des § 558 BGB wird hier abstrahiert (vgl. Abschnitt 2.3). Der Weiterbetrieb entbindet den Vermieter jedoch nicht von einer Modernisierung zu einem späteren Zeitpunkt  $t_1$  mit  $t_1 > t = 0$ . Aufgrund der Anreizwirkung kann davon ausgegangen werden, dass der Vermieter in eine relativ günstige Anlage investieren wird, d.h.  $0 < l \leq 1$ . Der Weiterbetrieb der Altanlage ist jedoch mit (in der Höhe und dem Zeitpunkt unsicheren) zusätzlichen Instandhaltungs- und Wartungskosten verbunden. Der Einfachheit halber wird hier zunächst von einem (implizit abdiskontierten) Kostenblock  $C$  ausgegangen. Damit ist die Auszahlungsfunktion gegeben durch:

$$e_j^w(w_j, s_{-j}, a, l, t_1, u, i, C) = a \cdot i \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \left(\frac{1}{1+i}\right)^t + \frac{M(s)}{n} \cdot u \cdot a \cdot \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+i}\right)^t - C - a \cdot \frac{l}{(1+i)^{t_1}}$$

Welche Strategie ein Vermieter  $j$  bevorzugt, hängt in diesem Spiel nun davon ab, welche Erwartungen er bezüglich der Strategien anderer Vermieter hat und welchen Nutzen er der jeweiligen Auszahlung beimisst. Die erwartete Auszahlung aus der Strategie  $m_j$  ist gegeben durch

$$E\left(e_j^m(m_j, s_{-j}, a = 1, u, i)\right) = -(1-u) + u \cdot \frac{M(s)}{n} \cdot \frac{1}{i}$$

Die Auszahlungsfunktion  $e_j^w$  ist bezüglich möglicher Mietausfälle sicher und kann wie folgt dargestellt werden:

$$e_j^w(w_j, s_{-j}, a = 1, l, t_1, u, i, C) = 1 - \frac{l}{(1+i)^{t_1}} - C + i + u \cdot \frac{M(s)}{n} \cdot \frac{1}{i}$$

Es zeigt sich, dass die sichere Zahlung infolge der Strategiewahl  $w_j$  in diesem Modell den Ergebniserwartungswert aus Strategiewahl  $m_j$  dann übertrifft, wenn gilt:

$$C + \frac{l}{(1+i)^{t_1}} < 2 - u + i$$

In der Regel wird diese Bedingung erfüllt sein (vgl. konkrete Beispiele im Appendix II). Erst bei einer sehr hohen Umlage und/ oder sehr hohen Folgekosten könnte die Modernisierungsstrategie eine höhere erwartete Auszahlung liefern als bei Weiterbetrieb der Anlage. Gegenüber der Auszahlung bei Weiterbetrieb bietet die Modernisierungsstrategie sowohl die Chance auf eine höhere Auszahlungen als auch das Risiko auf eine geringere Auszahlung. Dies ist immer dann der Fall, wenn gilt:

$$u > \frac{2 - \frac{l}{(1+i)^{t_1}} - C + i}{\frac{1+i}{i} - \frac{M(s)}{n} \cdot \frac{1}{i}} \quad \text{bzw.} \quad \begin{cases} u < \frac{2 - \frac{l}{(1+i)^{t_1}} - C + i}{1 - \frac{M(s)}{n} \cdot \frac{1}{i}} & \text{für } \frac{M(s)}{n} \cdot \frac{1}{i} < 1 \\ u > \frac{2 - \frac{l}{(1+i)^{t_1}} - C + i}{1 - \frac{M(s)}{n} \cdot \frac{1}{i}} & \text{sonst} \end{cases}$$

Sind beide Voraussetzungen für die Umlage  $u$  erfüllt, liegt keine Dominanz in den Strategien vor. Risikoneutrale und risikoaverse Vermieter werden sich dann aufgrund des Verhältnisses

der Ergebniserwartungswerte niemals für eine Modernisierung entscheiden. Unter den Prämissen der Risikonutzentheorie gilt in diesem Fall (vgl. Klein/Scholl 2001, S 407f.):

$$E(e_j^m) < e_j^w \Rightarrow U(e_j^w) > U(E(e_j^m)) \geq EU(e_j^m) \Rightarrow e_j^w > e_j^m$$

Erst ein risikofreudiger Vermieter wird der Chance auf mehr Gewinn genügend Wert beimessen, dass die Modernisierung vorteilhaft erscheint. Generell hängt die Entscheidung eines Vermieters von dessen Erwartungen bzgl. der Strategiewahrnehmung und der Risikoeinstellung anderer Marktteilnehmer ab (vgl. Abb. 4). Daher wird ein Vermieter umso eher modernisieren, je mehr Vermieter seiner Erwartung nach  $m_j$  bevorzugen, demnach risikofreudig agieren. Ab einer bestimmten Risikofreude kann damit gelten:

$$E(e_j^m) < e_j^w \Rightarrow U(e_j^w) < U(E(e_j^m)) < E(U(e_j^m)) \Rightarrow e_j^w < e_j^m$$

Grundsätzlich zeigt sich, dass betriebliche Entscheidungsträger risikoscheu agieren (vgl. Scholl 2001, Kap. 4.1.1). Mit der daraus resultierenden plausiblen Annahme, dass ein großer Teil der Vermieter eine mehr oder weniger ausgeprägte Risikoscheu aufweisen, wurde anhand dieses spieltheoretischen Modells gezeigt, dass viele Vermieter vor einer Modernisierung und dem damit verbundenen Risiko zurückschrecken und stattdessen die Free-Rider-Option wahrnehmen. Die Variante, das Risiko über eine geringe als vom Gesetzgeber erlaubte Umlage zu erhöhen, macht das Investitionsobjekt wirtschaftlich unattraktiv. Somit bevorzugt ein Großteil der Vermieter aus Gründen der Risikoaversion aus den in Abschnitt 4.3 dargelegten Gründen die „Bis-zum-Ende“-Strategie.

Aus der Auszahlungsfunktion wird darüber hinaus deutlich, dass risikofreudige Vermieter im Zuge der Modernisierung aus Gewinnmaximierungsgründen i.d.R. eine teure und robuste Anlagen installieren, während risikoaverse Vermieter, die die „Bis-zum-Ende“-Strategie verfolgen, aus Kostenvermeidungsgründen eher auf günstige, aber auch robuste Anlagen setzen.

Trotz vieler Vereinfachungen konnte mit Hilfe dieses Modells veranschaulicht werden, dass die Möglichkeit, über eine normale Mieterhöhung, also dem Trittbrettfahren, zumindest einen Teil der möglichen Mehreinnahmen durch eine Investitionsumlage nahezu risikofrei und mit geringerem Investitionsaufwand zu vereinnahmen, einen entscheidenden Einfluss auf das Modernisierungsklima hat.

#### 4.3.2 Das Vermieter-Mieter-Verhältnis

Im vorigen Abschnitt wurde eine Spielsituation zwischen Vermietern in einem abgegrenzten Markt vorgestellt und analysiert. Das Risiko für einen Vermieter, einen Mietausfall im Falle einer Modernisierung hinnehmen zu müssen, war eine wesentliche Komponente dieses Spiels. Dieses Risiko wurde jedoch zunächst nur über die Entscheidung anderer Vermieter und den Folgen auf den Mietspiegel modelliert. Es wurde unterstellt, dass Mieter allgemein eine Mieterhöhung bis zum Niveau des Mietspiegels hinnehmen, während eine Mietsteigerung über das Mietspiegelniveau mit Mietausfallrisiken einhergeht. Mit diesen Annahmen konnte gezeigt werden, dass eine Modernisierung erst ab einem bestimmten Grad der Risikofreude für einen Vermieter vorteilhaft erscheint.

In diesem Abschnitt soll nun das Mieterverhalten differenzierter betrachtet werden. Aus Sicht des Mieters erhöht sich durch eine Heizungsmodernisierung in Verbindung mit der Investitionsumlage die Kaltmiete. Demgegenüber stehen zukünftige Einsparungen von Brennstoffkosten, die durch einen höheren Effizienzgrad erreicht werden können. Die Modernisierung einer Heizungsanlage stellt sich für einen Mieter demnach als Tausch von variablen Kosten in fixe

Kosten dar. Die Wirkung auf die Gesamtkosten ist jedoch unsicher, weil diese sowohl von den zukünftigen Preisentwicklungen als auch vom zukünftigen Heizverhalten des Mieters abhängen. Damit unterliegt der Mieter dem Risiko, dass die zukünftigen Preise und Mengen nicht den zum Zeitpunkt der Modernisierung – vom Vermieter – geplanten entsprechen. Insbesondere die langfristig durchaus als steigend einzuschätzenden Brennstoffpreise werden vom Mieter anders wahrgenommen. Der langfristig beobachtbare Anstieg wird häufig durch zeitweise Preissenkungen durchbrochen, die vom Mieter stärker wahrgenommen werden als der langfristige Trend. Aus diesem Grund erscheint es plausibel, dass die langfristig orientierte Preiskalkulation des Vermieters als Risiko empfunden wird.

Im Gegensatz zu den fixen Kosten, die vom Vermieter vorgegeben werden und unabhängig von den tatsächlichen Brennstoffkosten anfallen, können die Brennstoffkosten vom Mieter durch das individuelle Heizverhalten sowie durch Lieferantenwechsel beeinflusst werden. Aufgrund der Unsicherheit über die Brennstoffkosten strebt ein risikoaverser Mieter in der Regel eine Situation mit einer relativ hohen Beeinflussbarkeit der eigenen Kosten an, obwohl diese erwartungsgemäß wirtschaftlich ungünstiger erscheint. Ein risikoaverser Mieter wird zudem einem geeichten Verbrauchsmessgeräte und der Abrechnung von einem professionellen Brennstofflieferanten mehr Vertrauen schenken als den mit Annahmen behafteten Kalkulationen eines in der Regel nicht fachkundigen Vermieters. Steigt die Risikobereitschaft eines Mieters, so ist er schließlich eher bereit, die Beeinflussbarkeit seiner Kosten zugunsten einer möglichen wirtschaftlich besseren Aufteilung von fixen und variablen Kosten aufzugeben bzw. sogar eine Modernisierung zu fordern.

Ein rationaler Vermieter wird die möglichen Präferenzen des Mieters und damit die möglichen Reaktionen mit in seine Entscheidung einbeziehen. Damit ergeben sich vier zentrale Situationen, die im Folgenden näher beleuchtet werden sollen (vgl. Tab. 3).

Ein risikoaverser Vermieter wird tendenziell keine Modernisierung mit einer Investitionsumlage anstreben, sondern eher die sichere Variante der normalen Mieterhöhung bzw. keiner Mieterhöhung wählen (vgl. Abschnitt 4.3.1). Ein risikoaverser Mieter wird diese Entscheidung tendenziell begrüßen, da ihm dadurch die Beeinflussbarkeit der Wärmekosten erhalten bleibt. Erst bei einer sehr unwirtschaftlichen Anlage wird der Mieter seine Präferenz für die Beeinflussbarkeit zugunsten der Wirtschaftlichkeit aufgeben. Grundsätzlich wird aber die „Bis-zum-Ende“-Strategie mit dementsprechend langen Modernisierungszyklen für beide Seiten vertretbar sein. Ähnlich komplementäre Interessen liegen zwischen einem risikofreudigen Vermieter und einem risikofreudigen Mieter. Der Vermieter sucht grundsätzlich die Chance auf eine hohe Rendite durch die Modernisierung und Umlage. Der Mieter lässt sich auch gerne auf eine Modernisierung und die damit verbundene Chance auf Einsparungen ein.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn Vermieter und Mieter unterschiedliche Risikoeinstellungen besitzen. Trifft der risikoaverse Vermieter auf einen risikofreudigen Mieter, so wird der Vermieter zunächst keine Modernisierung anstreben. Der Mieter dagegen wünscht sich diese aus Wirtschaftlichkeitsgründen. Modernisiert der Vermieter nicht, droht ihm Leerstand. Aufgrund des Modernisierungswunsches offenbart der Mieter seine Risikoeinstellung. Damit übernimmt der Mieter zumindest einen Teil des Leerstands-Risikos, sodass der Vermieter ggf. die Modernisierung erwägt. Damit ist die Modernisierung in einem Einfamilienhaus in der Regel auch für einen risikoaversen Vermieter vorteilhaft. In einem Mehrparteienhaus betrifft die Entscheidung allerdings oft mehrere Mieter, die unterschiedliche Risikoeinstellungen haben können. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es mehr risikoaverse als risikofreudige Mieter gibt (vgl. Abschnitt 4.3.1). Zum einen können die risikofreudigen nun die risikoaversen Mieter von der Vorteilhaftigkeit überzeugen. Zum anderen kann der Vermieter alle

Mieter zur Übernahme seines empfundenen Ausfallrisikos bitten. In Abhängigkeit von der Entscheidung der Mieter wird er sich dann für eine Option entscheiden. Da es in der Regel mehr risikoaverse Mieter gibt, wird diese Situation wohl eher zu keiner Modernisierung führen.

Auch ein risikofreudiger Vermieter, der grundsätzliche eher kurze Modernisierungszyklen anstrebt, stößt mit der Modernisierungsstrategie auf Hindernisse, wenn der bzw. die Mieter risikoavers sind. Letztere präferieren eher variable Kosten, d.h. keine Modernisierung und Umlage der Investitionskosten. Das Risiko besteht nun darin, dass der Mieter kündigt und damit weder die erhoffte Mehreinnahme noch die ursprünglichen Mieteinnahmen vereinbart werden könnten, sofern sich kein Nachmieter findet. Je nach Risikofreude, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Vermieter trotzdem modernisiert und die Investitionskosten umlegen wird in der Hoffnung, dass der risikoaverse Mieter aus Trägheit, Lock-in-Effekten, fehlender Umzugsmöglichkeiten und der verzögerten Nebenkostenabrechnung zunächst in der Wohnung bleiben wird oder einen risikofreudigen Nachmieter findet.

Im Fall von Modernisierungen bietet sich zudem das Signalling an, wie es in der Praxis zu beobachten ist. Der Vermieter kann versuchen, eine hohe Kaltmiete potentiellen Mietern meist schon beim Einzug mit den enormen Sparmöglichkeiten, die eine hochtechnisierte Wohnung mit sich bringt, offensiv zu „verkaufen“. Die Vermutung liegt infolge dessen nahe, dass sogar ein Teil der Architektur der Niedrigenergiehäuser technisch gar nicht zwingend ist, sondern auch dem Zweck des Signallings errichtet wird.

		Mieter	
		Risikoaversion	Risikofreude
Vermieter	Risikoaversion	Präferenz für Beeinflussbarkeit der Kosten, d.h. für variable Kosten	Präferenz für Wirtschaftlichkeit der Anlage und Umweltschutz
	Risikofreude	Präferenz für Weiterbetrieb und normale bzw. keine Mieterhöhung	Präferenz für Modernisierung und Umlage
	Risikoaversion	Komplementär → lange Nutzungsdauern	Konfliktär → ggf. Modernisierung
	Risikofreude	Konfliktär → ggf. Modernisierung	Komplementär → frühe Modernisierung

Tab. 3: Moderniserverhalten in Abhängigkeit der Risikoeinstellung von Vermieter und Mieter

Mit den hier getroffenen Annahmen konnte gezeigt werden, dass risikoaverse Vermieter mit ihrer präferierten Strategie des langen Betriebs einer Anlage auf wenig Widerstand beim Mieter stoßen. Lediglich risikofreudige Mieter könnten eine Modernisierung fordern bzw. ausziehen. Der risikofreudige Vermieter wird ebenfalls bei einem gleichgesinnten Mieter auf geringe Widerstände treffen. Bei einem risikoaversen Mieter dagegen steigt das Risiko des Leerstands. Es ist zu vermuten, dass die risikoaverse Einstellung auch unter den Mietern vornehmlich vertreten ist.

Damit zeigt sich, dass der Weiterbetrieb mit späten Modernisierungen für einen Großteil sowohl der Mieter als auch der Vermieter aus rationalen Gründen attraktiv erscheint. Die in der Praxis angestrebten Aufklärungsaktivitäten sind damit als unwirksam einzustufen, da sie zum großen Teil auf den Abbau von Irrationalitäten abzielen.

## 5 Fazit

Das Mietrecht reguliert das Verhältnis zwischen Vermieter und Mieter tiefgreifend. Durch das „Verbot der Bruttowarmmiete“ und der allgemeinen Pflicht eines Vermieters zur Wärmeversorgung wurden die Modernisierungsanreize drastisch reduziert, das Investor-Nutzer-Dilemma entstand. Der Gesetzgeber versuchte, mit § 559 BGB eine Art Subventionsprogramm zu installieren, durch das der Vermieter einen Teil der Investitionskosten auf den Mieter – der durch die Einsparungen an Brennstoffkosten wirtschaftlich profitiert – umlegen darf. Die Umlegbarkeit ist in den Regelungen zwar zeitlich nicht begrenzt, jedoch nur dann nutzbar, wenn die Nutzungsdauer der Altanlage, zurzeit mit 15 Jahren anzunehmen ist, noch nicht überschritten hat. Gerade in Zeiten forcierter Klimaschutzziele erhofft sich der Gesetzgeber damit, Vermietern ausreichende Anreize gesetzt zu haben, um den Anlagenbestand in der deutschen Wohnungswirtschaft auf ein entsprechend hohes Effizienzniveau zu bringen und zu halten und andererseits die Interessen der Mieter auf eine wirtschaftliche Wärmeversorgung gerecht zu werden.

Die Berechnungen auf Basis der Kapitalwertmethode zeigen, dass ein Vermieter sein für die Modernisierung eingesetztes Kapital bei Inanspruchnahme der 11%-Umlage mit maximal 11,7% verzinsen kann. Verglichen mit anderen Investitionsmöglichkeiten ist dieser wirtschaftliche Anreiz als nicht unerheblich zu werten. Das Erreichen dieser Verzinsung setzt allerdings eine Kostenfreiheit während des Betriebs sowie die sichere Einnahme der Miete – vor allem in den ersten Jahren – voraus. Während die Kosten durch frühzeitige Modernisierung weitestgehend vermieden werden können, ist die tatsächliche Vereinnahmung der Miete oftmals als unsicher anzusehen. Geringere tatsächliche Umlagen führen zu geringeren Renditemöglichkeiten und langen Amortisationsdauern, wodurch andere Anlagemöglichkeiten an Attraktivität gewinnen.

Das spieltheoretische Modell hat gezeigt, dass der Mietspiegel bei der Modernisierungsentcheidung eine besondere Rolle spielt. Zum einen wird das Mietpreisniveau wirkungsvoll offengelegt und damit Informationsasymmetrien abgebaut und zum anderen dient er auch als Akzeptanzmaß für Vermieter und Mieter. In dem vorgestellten einfachen Modell konnte vor diesem Hintergrund gezeigt werden, dass das Risiko des Mietausfalls bei einer übermäßigen Erhöhung der Kaltmiete dazu führt, dass tendenziell nur risikofreudige Vermieter Anreize verspüren, frühzeitige Modernisierungen durchzuführen. Für die übrigen Vermieter ist die Alternative der normalen Mieterhöhung in der Regel attraktiver, da sie ohne großes Risiko zumindest zu einem Teil an den Modernisierungen anderer Vermieter partizipieren können (Free-Rider). Ein tieferer Einblick in das individuelle Vermieter-Mieter-Verhältnis offenbart schließlich, dass die Präferenzen bei Vermietern sogar komplementär zu den Interessen von Mietern gleicher Risikoeinstellung stehen. Vor diesem Hintergrund scheint der empirisch belegte Modernisierungstau in der deutschen Wohnungswirtschaft plausibel. Andererseits kann aber auch erklärt werden, warum es trotzdem partiell hochmoderne Wohnungen gibt.

Modernisierungsanreize effektiv zu setzen, bedeutet, das Kalkül der Vermieter und die Marktmechanismen zu kennen und auszunutzen. Die in dieser Arbeit vorgestellten Überlegungen tragen zum Verständnis der Mechanismen in der Wohnungswirtschaft bei und helfen damit, effektivere Instrumente abzuleiten. Heizungsmodernisierungen aus der mehr oder weniger globalen Durchschnittsbetrachtung des Mietspiegels zu lösen und einen – bereits geforderten – ökologischen Mietspiegel einzuführen, könnte zum einen das Problem des Trittbrettfahrens mildern (hierzu Ansichten von Mietern und Vermietern in DVW 2009, S. 11f. und 15; Klinski et al. 2009, S. 184ff.). Die Präferenz von Mietern für eine hohe Beeinflussbarkeit der Wärmekosten könnte zum anderen dahingehend ausgenutzt werden, dass die Umlage nicht fix über die Kaltmiete erfolgt, sondern über die Nebenkosten. Dienstleistungsmodelle

wie das Wärmecontracting bieten unter den genannten Aspekten zwei wesentliche Vorteile (vgl. auch DVW 2009, S. 12): Zum einen entlasten sie den Vermieter durch die Übernahme der Investitionskosten – eine Modernisierung erscheint somit auch für risikoaverse Vermieter attraktiv – und zum anderen werden die Contractingkosten über die Nebenkosten abgerechnet, was die Beeinflussbarkeit des Mieters wahrt.

Dass die Wohnungswirtschaft immense Einsparpotentiale aufweist, ist unbestritten (vgl. Ruhland und Herud 2009b). Es bleibt abzuwarten, welche Maßnahmen der Gesetzgeber ergreift, um effektivere Modernisierungsanreize zu schaffen und damit die an Wichtigkeit gewinnenden klimapolitischen Ziele zu erreichen.



## 6 Literaturverzeichnis

- Arzt, M. J. (2008): §§ 556b-559b BGB. In Rebman, K.; Säcker, F. J.; Rixecker, R. (Hrsg.): Münchener Kommentar zum BGB, 5. Aufl., Beck, München.
- Beyer, D.; Lippert, M. (2007): Steigerung der Energieeffizienz in der Wohnungswirtschaft durch Contracting. CuR, Heft Nr. 4/2007, S. 124-128.
- Beyer, D.; Lippert, M. (2009): Rechtliche Voraussetzungen einer Steigerung der Energieeffizienz durch Wärmecontracting in der Wohnungswirtschaft als Beitrag zu Energiesicherheit und Klimaschutz. In Bayer, W. (Hrsg.): Energieeffizienz im Wohnungsbestand durch Contracting, Jenaer Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, S. 17-88.
- BMWi: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008): Energiedaten. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiegewinnung-und-energieverbrauch5-eev-nach-anwendungsbereichen,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>.
- Börstinghaus, U. (2007): §§ 557-559b, 561 BGB. In Schmidt-Futterer, W.; Blank, H. (Hrsg.): Mietrecht, 9. Auflage, Beck, München.
- Börstinghaus, U. (2008): §§ 535-580a BGB. In Blank, H.; Börstinghaus, U. (Hrsg.): Miete, 3. Auflage, Beck, München.
- Breidenbach, L. (2007): Gas- und Öl-Brennwerttechnik für die energetische Modernisierung. Vortrag im Rahmen der Berliner Energietage. URL: [http://www.bdh-koeln.de/html/pdf/pdf\\_presse/gas-und-oel-brennwerttechnik-.pdf](http://www.bdh-koeln.de/html/pdf/pdf_presse/gas-und-oel-brennwerttechnik-.pdf).
- Buderus (2006): Energiekennwerte – Anlagen zur Heizung und Trinkwarmwasserbereitung für Mehrfamilienhäuser. URL: [http://www.buderus.de/sixcms/media.php/1156/03073\\_KUP\\_BUD\\_Br\\_Energieken.pdf](http://www.buderus.de/sixcms/media.php/1156/03073_KUP_BUD_Br_Energieken.pdf).
- Bundesregierung (2007): Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/eckpunkt-fuer-ein-integriertes-energie-und-klimaprogramm,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>.
- Bundesregierung (2009): Koalitionsvertrag. URL: [http://mitmachen.fdp.de/files/363/Gesamt-Entwurf\\_Koalitionsvertrag\\_mit\\_Index-neu.pdf](http://mitmachen.fdp.de/files/363/Gesamt-Entwurf_Koalitionsvertrag_mit_Index-neu.pdf).
- DVW: Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V. (2009): Klimaschutz in der Deutschen Wohnungswirtschaft – Handlungsempfehlungen der Kommission. URL: [http://www.deutscher-verband2.org/cms/fileadmin/medias/PDF\\_Verband/DV\\_Kommissionsbericht\\_Klimaschutzpolitik\\_kurz\\_end\\_01.pdf](http://www.deutscher-verband2.org/cms/fileadmin/medias/PDF_Verband/DV_Kommissionsbericht_Klimaschutzpolitik_kurz_end_01.pdf).
- EIA: Energy Information Administration (2009): International Energy Outlook. URL: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484%282009%29.pdf>.
- Enseling, A. (2003): Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand. URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/leitfaden\\_wirtschaftlichkeit.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/leitfaden_wirtschaftlichkeit.pdf).

- Erdmenger, C; Hermann, H.; Tambke, J.; Bade, M.; Beckers, R.; Berg, H.; Bosecke, T.; Burger, A.; Eichler, F.; Georgi, B.; Gohlisch, G.; Hain, H.; Harders, E.; Heinen, F.; Hülsmann, W.; Juhlich, K.; Knoche, G.; Kühleis, C.; Landgrebe, J.; Langefeld, L.; Langrock, T.; Lehmann, H.; Lindemann, H.-H.; Machat, M.; Mordziol, C.; Müschen, K.; Nantke, H.-J.; Niederle, W.; Penn-Bressel, G.; Pichl, P.; Schuberth, J.; Seidel, W.; Veron, H.; Westermann, B. (2007): Klimaschutz in Deutschland: 40%-Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990. Umweltbundesamt. URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3235.pdf>.
- Glossar der Bundesregierung. URL: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Statische-Seiten/Breg/FAQ/faq-energie.html>.
- Klein, R.; Scholl, A. (2004): Planung und Entscheidung – Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse. Vahlen, München.
- Klinski, S.; Bürger, V.; Nast, N. (2009): Rechtskonzepte zur Beseitigung des Staus energetischer Sanierungen im Gebäudebestand. Umweltbundesamt, Nr. 36/2009.
- Körper, T.; Fricke, N. (2009): Abschied vom Konzept eines „einheitlichen Wärmemarktes“? Zeitschrift für Netzwirtschaft & Recht Zeitschrift 6/4, S. 222-230.
- Loga, T.; Diefenbach, N.; Enseling, A.; Hacke, U.; Born, R.; Knissel, J.; Hinz, E. (2007): Querschnittsbericht Energieeffizienz im Wohngebäudebestand – Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit. Studie im Auftrag des Verbandes der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V, IWU, Darmstadt. URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/IWU\\_QBer\\_EnEff\\_Wohngeb\\_Nov2007.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/IWU_QBer_EnEff_Wohngeb_Nov2007.pdf).
- Protokoll von Kyoto (1997). URL: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/protodt.pdf>.
- Ringel, C. (2009): Der Einsatz Erneuerbarer Energien zur Wärmegewinnung als Modernisierungsmaßnahme im Sinne der §§ 554, 559 BGB. WuM, Heft Nr. 2/2009, S. 71-76.
- Ruhland, J.; Fischer, T.; Herud, R. (2009): Contracting in der deutschen Wohnungswirtschaft – Volkswirtschaftliche Implikationen. In Bayer, W. (Hrsg.): Energieeffizienz im Wohnungsbestand durch Contracting, Jenaer Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Jena, S. 143-182.
- Ruhland, J.; Herud, R. (2009a): Wärmecontracting in der deutschen Wohnungswirtschaft: Instrumente für eine angemessene Regulierung. Zeitschrift für Energiewirtschaft 33/3, S. 237-245.
- Ruhland, J.; Herud, R. (2009b): Prognose der Marktdurchdringung des Contracting in der deutschen Wohnungswirtschaft. In Bayer, W. (Hrsg.): Energieeffizienz im Wohnungsbestand durch Contracting, Jenaer Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Jena, S. 89-142.
- Schmid, M. J. (2008): §§ 556, 556a BGB. In Rebman, K.; Säcker, F. J.; Rixecker, R. (Hrsg.): Münchener Kommentar zum BGB, 5. Aufl., Beck, München.
- Schmidt-Futterer, W. (2007): Großkommentar des Wohn- und Gewerberaummietrechts. 9. Aufl., Beck, München.

- Scholl, A. (2001): Robuste Planung und Optimierung. Grundlagen – Konzepte und Methoden – Experimentelle Untersuchungen. Physica, Heidelberg.
- Schornsteinfegerhandwerk e.V. (1991-2009): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks 1991-2009.
- Techem AG (2005): Energiekennwerte, Hilfen für den Wohnungswirt.
- Techem AG (2008): Energiekennwerte, Hilfen für den Wohnungswirt.
- Weidenkaff, W. (2008): § 535 BGB. In Palandt, O. (Hrsg.): Bürgerliches Gesetzbuch, 67. Aufl., Beck, München.
- Wöhe, G. (2000): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 20. Aufl., Vahlen, München.

## 7 Appendix I

Maximale Rendite mittels Kapitalwertmethode (monatlich vorschüssig):

$$KW(a, u, r^*) = -a + \frac{u}{12} \cdot a \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \left( \frac{1}{1+r^*} \right)^{\frac{t}{12}} = 0$$

$$r^*(u) = \left( -\frac{12}{u-12} \right)^{12} - 1$$

Maximale Rendite mittels Kapitalwertmethode (monatlich nachschüssig):

$$KW(a, u, r^*) = -a + \frac{u}{12} \cdot a \cdot \sum_{t=1}^{\infty} \left( \frac{1}{1+r^*} \right)^{\frac{t}{12}} = 0$$

$$r^*(u) = \left( \frac{12+u}{12} \right)^{12} - 1$$

Maximale Rendite mittels Kapitalwertmethode (jährlich vorschüssig):

$$KW(a, u, r^*) = -a + u \cdot a \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \left( \frac{1}{1+r^*} \right)^t = 0$$

$$r^*(u) = \frac{u}{1-u} \text{ mit } u \neq 1$$

Maximale Rendite mittels Kapitalwertmethode (jährlich nachschüssig):

$$KW(a, u, r^*) = -a + u \cdot a \cdot \sum_{t=1}^{\infty} \left( \frac{1}{1+r^*} \right)^t = 0$$

$$r^*(u) = u$$

Es gilt für  $u \in [0; 1[$ :

$$u \leq \left( \frac{12+u}{12} \right)^{12} - 1 \leq \left( -\frac{12}{u-12} \right)^{12} - 1 \leq \frac{u}{1-u}$$

## 8 Appendix II

Beispiele für die Bedingung:

$$C + \frac{l}{(1+i)^{t_1}} < 2 - u + i$$

bei einem Anlagenwert von  $a = 1$

Umlage	Kalkulationszins	Kostenverhältnis der Anlage	Anzahl Jahre bis Modernisierung bei Weiterbetrieb	maximale Instandhaltungs- und Wartungskosten (x-fache des Anlagenwertes a als Barwert)
u	i	l	$t_1$	$C^{max}$
11%	3%	80%	5	1,23
30%	3%	80%	5	1,14
11%	3%	100%	5	1,06
20%	1%	100%	1	0,82
7%	5%	70%	10	1,55