

# Determinanten für die Diffusion von Passivhäusern in Österreich – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung

**Andrea Klinglmair, Severin Grussmann, Erich Griebler, Tamara Brandstätter, Nikolaus Pöchlhacker, Beate Friedl**

Institut für Höhere Studien (IHS) Kärnten, Alter Platz 10, 9020 Klagenfurt,  
+43 (0) 463 592 150-19, [a.klinglmair@carinthia.ihs.ac.at](mailto:a.klinglmair@carinthia.ihs.ac.at), [www.carinthia.ihs.ac.at](http://www.carinthia.ihs.ac.at)

## **Kurzfassung:**

Energieinnovationen zielen auf eine effizientere Nutzung der natürlichen Ressource Energie ab und sind für den Transformationsprozess hin zu einer ressourcenschonenden und emissionsarmen Wirtschaft von zentraler Bedeutung. Der Gebäudebereich spielt dabei eine wichtige Rolle als hier erhebliche Energieeinsparpotenziale bestehen. Die Passivhaustechnologie stellt einen möglichen Lösungsansatz zur Ausschöpfung dieser Energieeffizienzpotenziale dar. Passivhäuser verbinden ökonomische Vorteile (Kosteneinsparungen) mit einem ökologischen Nutzen (externe Effekte) und bestehen seit mehr als 15 Jahren am Markt. Auf Basis einer umfassenden empirischen Erhebung unter Passivhaus- und Eigenheimbesitzer/innen sowie potenziellen zukünftigen Nutzer/innen der Energieinnovation (Eigenheimplaner/innen) wurden jene Faktoren und Bedingungen identifiziert und quantifiziert, welche die Diffusion von Passivhäusern in Österreich begünstigen oder behindern. Dazu zählen die Verfügbarkeit staatlicher Förderungen, komplementäre Inputs sowie individuelle Faktoren wie Umweltbewusstsein, das Bedürfnis nach Energieautarkie, das Interesse an Energiesparen und Energieeffizienz sowie die Neigung zu technologischen Neuerungen.

**Keywords:** Energieinnovation, Passivhaus, Diffusion, Logit Modell

## **1 Einleitung**

Die Europäische Union (EU) widmet sich im Rahmen der Wachstumsstrategie „Europa 2020“ dem intelligenten, nachhaltigen und integrativen Wachstum mit dem Ziel, langfristigen Problemen wie etwa der Ressourcenknappheit, zu entgegnen. Eines der Kernelemente dieser Strategie ist der Transformationsprozess hin zu einer ressourcenschonenden und emissionsarmen Wirtschaft. Energieinnovationen können hierzu einen wichtigen Beitrag leisten, da diese auf eine effizientere Nutzung der natürlichen Ressource Energie abzielen. [1] [2] Es handelt sich dabei um neue und/oder erheblich verbesserte Produkte, Dienstleistungen, Prozesse, organisatorische Neuerungen oder Marketinglösungen, die den Verbrauch von natürlichen Ressourcen – darunter auch Energie – und somit den Ausstoß von Schadstoffen verringern. [3]

Die Steigerung der Energieeffizienz ist auch zentraler Bestandteil des im Jahr 2008 implementierten Klima- und Energiepakets der EU. So zielt die Initiative darauf ab, den Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 um 20 % zu reduzieren. [4] Den rechtlichen Rahmen zur Erreichung dieses Ziels bildet die im Jahr 2012 erlassene Energieeffizienzrichtlinie, die eine gemeinsame Grundlage für Maßnahmen zur Förderung von Energieeffizienz sicherstellt und die Vorbereitung weiterer Effizienzverbesserungen für die Zeit nach 2020 anstrebt. [5] Der Gebäudebereich spielt für die europäische Energieeffizienzpolitik eine wichtige Rolle, da rund 40 % des Endenergieverbrauchs und 36 % der Treibhausgasemissionen in der EU in Gebäuden wie etwa privaten Wohnhäusern, Büro- und Geschäftsbauten sowie öffentlichen Gebäuden anfallen. [6] Um Effizienzverbesserungen auf Basis technischer, verhaltensbezogener und/oder wirtschaftlicher Änderungen zu erzielen, muss daher vor allem im Bereich Energieeffizienz von Gebäuden angesetzt werden. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2010 die EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden erlassen. Bis zum Jahr 2020 sollen alle neuen Gebäude in Niedrigstenergiebauweise („Nearly Zero-Energy Buildings“) errichtet werden; für öffentliche Gebäude gilt eine Frist bis zum Jahr 2018. Darüber hinaus haben die Mitgliedstaaten nationale Pläne zur Erhöhung der Zahl der Niedrigstenergiegebäude zu erstellen sowie Strategien und Maßnahmen zu ergreifen, um beispielsweise Anreize für die Sanierung von Gebäuden in Form von Niedrigstenergiegebäuden zu schaffen. [7]

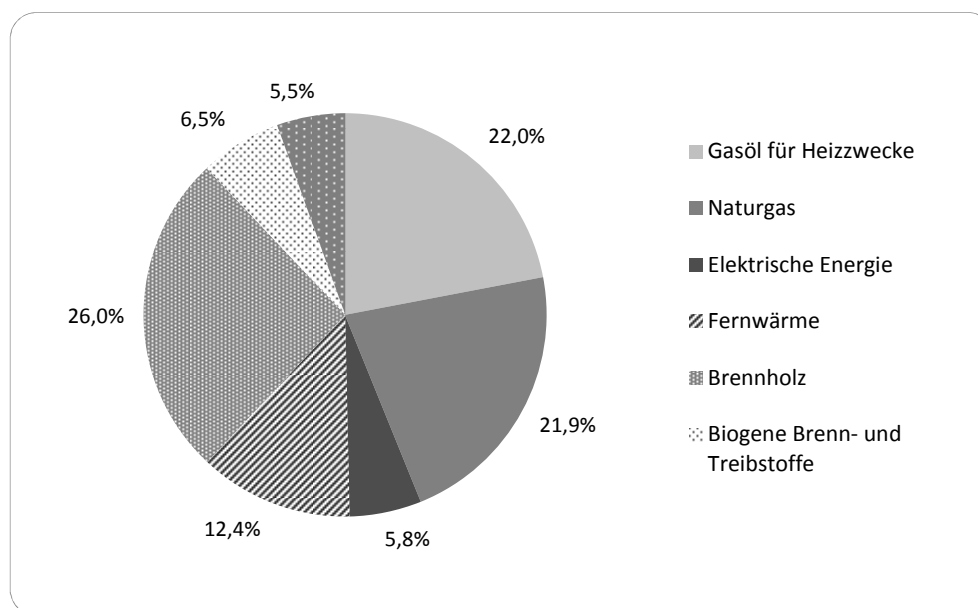


Abbildung 1: EEV der privaten Haushalte für Raumwärme nach Energieträgern, Österreich 2013

Besonders bei den privaten Haushalten bestehen im Bereich Gebäudeeffizienz erhebliche Energieeinsparpotenziale. Rund ein Viertel (24,9 %) des gesamten energetischen Endverbrauchs (EEV) in Österreich entfällt auf den privaten Haushaltssektor. [8] Hier wiederum wird der Großteil des EEV – fast drei Viertel (73,7 %) – für die Raumheizung bzw. Raumwärme aufgewendet. Seit dem Jahr 1993 hat sich dieser Anteil zwar – ausgehend von 76,0 % – leicht reduziert, ist mit rund drei Viertel aber immer noch erheblich. Eine detaillierte Betrachtung des EEV im Bereich Raumwärme zeigt, dass dieser hauptsächlich auf fossilen Energieträgern basiert. So werden 22,0 % des EEV im Bereich Raumheizung durch Gasöl aufgebracht. Auch Naturgas spielt mit einem Anteil von 21,8 % eine wichtige Rolle, ebenso wie der

Energieträger Brennholz, der etwas mehr als ein Viertel (26,0 %) des EEV für Raumwärme ausmacht (vgl. *Abbildung 1*). [9]

Darüber hinaus entfällt fast ein Viertel (23,8 %) der monatlichen Verbrauchsausgaben privater Haushalte auf die Kategorie „Wohnen und Energie“. Auch der „Verkehr“, „Freizeit, Sport und Hobby“ sowie „Ernährung und alkoholfreie Getränke“ stellen wesentliche Ausgabenkategorien dar. Im Vergleich zur Konsumerhebung 2004/05 ist der Ausgabenanteil für Wohnen und Energie um 1,5 Prozentpunkte angestiegen, während die Bedeutung der anderen Ausgabenkategorien auf einem konstanten Niveau verblieben oder zurückgegangen ist. [10]

Durch den hohen Anteil des Bereichs Raumheizung/-wärme am energetischen Endverbrauch – insbesondere bei den privaten Haushalten – ergibt sich für den Sektor Bauen, Wohnen und Gebäudewirtschaft ein hohes theoretisches Energieeinsparpotenzial. Zusammen mit dem steigenden Anteil der Ausgaben für „Wohnen und Energie“, liefern diese Entwicklungen auf privater Ebene auch einen Grund zur Nutzung bestehender Einsparpotenziale. Ein weiterer Faktor, der Energieeffizienzverbesserungen begünstigt, sind die explodierenden Energiepreise, vornehmlich im Bereich der fossilen Energieträger. So hat sich der Preis für den Energieträger Gasöl, der von privaten Haushalten sehr häufig für Heizzwecke verwendet wird, seit dem Jahr 2003 mehr als verdoppelt (+140,4 %). Auch die Treibstoffpreise für Diesel und Benzin sowie die Strompreise sind in den vergangenen zehn Jahren stark angestiegen (+58,9 % bzw. +57,7 %). [11]

## 2 Energieinnovation: Passivhaus

Steigende Energiekosten und Energiekrisen im Bereich der fossilen Energieträger, als auch der Treibhauseffekt und der damit verbundene Klimawandel haben zu einem Umdenken – mitunter auch im Bereich des Wohnungsbaus – geführt und alternative Lösungsansätze hervorgebracht. Einen dieser Lösungsansätze stellt die Passivhaustechnologie bzw. die Forcierung von Neubauten in Passivhausbauweise dar. [12] Passivhäuser stellen eine Energieinnovation dar, als damit nicht nur ein ökonomischer Vorteil (Kosteneinsparungen), sondern auch ein ökologischer Nutzen einhergeht (externe Effekte). Zu diesem ökologischen Nutzen zählen beispielsweise die Schonung natürlicher Ressourcen wie Öl oder Gas sowie eine verringerte Freisetzung von Schadstoffen über den gesamten Produktlebenszyklus. [13]

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, dessen Wärmebedarf zum überwiegenden Teil aus „passiven“ Quellen wie etwa Sonneneinstrahlung oder Abwärme von Personen bzw. Geräten gedeckt wird; somit ist kein konventionelles Heizsystem mehr notwendig. [14] Es verbindet hohen Wohnkomfort und Behaglichkeit mit extrem niedrigen Energiekosten und einem sorgsamem Umgang mit unserer Umwelt. Der Heizwärmebedarf (HWB) eines Passivhauses darf höchstens 15 kWh/m<sup>2</sup>a betragen (berechnet nach dem Passivhaus Projektierungs-Paket PHPP des Passivhausinstituts Darmstadt). Im Vergleich dazu liegt der jährliche HWB pro m<sup>2</sup> für einen zeitgemäßen Neubau bei 50-65 kWh; auch das Niedrigenergiehaus liegt mit einem HWB von 20-50 kWh/m<sup>2</sup>a deutlich über dem Wert des Passivhauses. Beim durchschnittlichen Gebäudebestand beträgt der HWB sogar 150-250 kWh/m<sup>2</sup>a (vgl. *Tabelle 1*). [15] [16]

<i>Bauweise</i>	<i>Heizwärmebedarf</i>
Durchschnittlicher Bestand	150-250 kWh/m <sup>2</sup> a
Zeitgemäßer Neubau	50-65 kWh/m <sup>2</sup> a
Niedrigenergiehaus	20-50 kWh/m <sup>2</sup> a
Passivhaus	<15 kWh/m <sup>2</sup> a

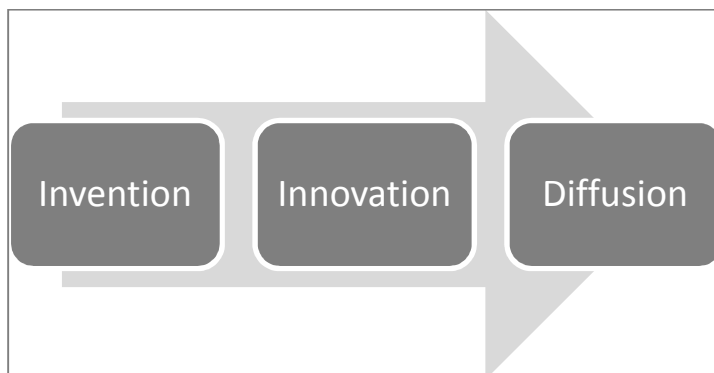
*Tabelle 1: Durchschnittlicher Heizwärmebedarf nach Bauweise*

Passivhäuser benötigen somit 80 % bis 90 % weniger Heizenergie als konventionelle Neubauten nach den derzeitigen österreichischen Bauordnungen. Die Gebäudehülle ist wärmebrückenfrei sowie luft- und winddicht ausgeführt. Im Fokus steht dabei nicht das simple Kombinieren einzelner Komponenten (z.B. luftdichte Bauweise, Vollwärmeschutz-Fassade, dreifach verglaste Fenster) eines Passivhauses, sondern das Funktionieren des Gesamtkonzeptes. Zu den wesentlichen Vorteilen von Passivhäusern zählen die enormen Einsparungen bei den Energiekosten und die Abkoppelung von der steigenden bzw. schwankenden Energiepreisentwicklung. So können die Heizkosten bei einem Standardeinfamilienhaus mit 120 m<sup>2</sup> und Nutzung durch vier Personen mit rund € 2.000 pro Jahr beziffert werden; in einem vergleichbaren Passivhaus fallen hingegen nur € 180 bis € 260 pro Jahr an. [17] Für den Betrieb von Solaranlagen und Wärmepumpen, die neben der Lüftungsanlage und der ausgezeichneten Wärmedämmung zu den wichtigsten Komponenten eines Passivhauses zählen, wird nur elektrische Energie benötigt, ein Umstand, der die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen wie etwa Öl oder Gas fördert. Die Frischluftversorgung erfolgt im Passivhaus durch die kontrollierte Wohnraumlüftung; d.h. die Luftzufuhr erfolgt unabhängig vom Öffnen der Fenster, wodurch Belastungen für die Bewohner/innen durch Lärm, Staub, Pollen und Schadstoffe minimiert werden. Im Zusammenhang mit der kontrollierten Wohnraumlüftung wird die Nichtregulierbarkeit der Temperatur in den unterschiedlichen Nutzungsbereichen des Passivhauses oft als Nachteil gesehen. Zudem bereitet das Fehlen von Heizkörpern in manchen Fällen ein gewisses Unbehagen und wird die Luft oft als zu trocken empfunden. [14] Trotz dieser (subjektiv unterschiedlich empfundenen) Nachteile, kann der Wohnkomfort im Passivhaus als sehr hoch eingestuft werden, ein Effekt, der sich monetär nur schwer ausdrücken lässt. [17] In Bezug auf die Umweltauswirkungen trägt das Passivhaus auf Grund des reduzierten Treibhaus-Ausstoßes aktiv zum Umweltschutz bei. Folgekosten auf Grund des CO<sub>2</sub>-bedingten Klimawandels werden vermieden; damit wird ein aktiver Beitrag zur Erzielung von Klimaschutz-Verpflichtungen geleistet. In Kombination mit der umsichtigen Baustoffauswahl zur Optimierung der Gesamtenergiebilanz eines Hauses steht das Passivhaus somit für Nachhaltigkeit. [18]

Die Passivhaustechnologie gibt es seit mehr als 20 Jahren; 1991 wurde das erste Demonstrationsprojekt in Deutschland umgesetzt. In Österreich entstand das erste Passivhaus im Jahr 1996 in Vorarlberg. [19] Bis dato (Stand: 2010) gibt es in Österreich rund 760 dokumentierte Passivhäuser mit einer Gesamtnutzfläche von rund 630.000 m<sup>2</sup>. Da nicht alle Objekte dokumentiert werden, liegt die „Dunkelziffer“ der bestehenden Passivhäuser deutlich höher. So wird die Anzahl der existierenden Passivhäuser auf 6.850 mit einer Gesamtnutzfläche von 4,0 Mio. m<sup>2</sup> geschätzt, Tendenz steigend. [20]

### 3 Diffusion von Energieinnovationen

Doch wie lässt sich die Verbreitung von Energieinnovationen wie Passivhäusern erklären, welchen Verlauf haben Diffusionsprozesse und welche Faktoren beeinflussen die Verbreitung einer Energieinnovation? Grundsätzlich umfasst der Innovationsprozess drei Phasen: Invention, Innovation und Diffusion (vgl. *Abbildung 2*). Die Invention bezeichnet die eigentliche und erstmalige Erfindung eines neuen Produktes oder Prozesses. Unter Innovation wird die Markteinführung verstanden, während die Diffusion schließlich den zeitlichen Prozess der Ausbreitung der neuen Technologie unter den Adoptoren (Unternehmen und/oder Haushalte) bezeichnet. Diese Phasen stellen jedoch keine streng abgegrenzten, sequenziellen Ereignisse dar, wie dies im linearen Innovationsmodell angenommen wird. Vielmehr bestehen zahlreiche Rückkopplungen zwischen diesen Phasen, die damit in komplexer Art und Weise miteinander verbunden sind. [21] Der Innovationszyklus ist demnach ein nicht-linearer Prozess, der viele kritische Rückmeldungen beinhaltet. Bei Energieinnovationen ist es vor allem der Übergang vom Inventions-/Innovations- zum Diffusionsstadium, der auf Grund der hohen Investitions- und Infrastrukturkosten mit Hindernissen konfrontiert ist. Dadurch laufen energieinnovative Technologien häufig Gefahr, bereits im Frühstadium hängen zu bleiben. [22]



*Abbildung 2: Phasen des Innovationsprozesses*

Die Diffusionsforschung beschäftigt sich mit der letzten Phase des Innovationsprozesses und stellt ein vielfältiges Forschungsfeld dar, das durch Interdisziplinarität und Multiparadigmatik gekennzeichnet ist. Ziel der Diffusionstheorie ist die Erklärung von Diffusionsprozessen im Sinne der Ausbreitung von Innovationen. Die Diffusion ist dabei ein Prozess in der Zeit; es kann bis zu 50 Jahre dauern bis eine Technologie in der relevanten Nutzer/innengruppe diffundiert ist, wobei häufig Zeiträume von etwa 10 Jahren beobachtet werden. Darüber hinaus variieren Geschwindigkeit und Verlauf der Diffusion zwischen Technologien, Industrien und Regionen. Bei grafischer Betrachtung der Diffusion – mit der Zeit auf der Abszisse und der kumulierten Nutzer/innenzahl auf der Ordinate – zeigt sich ein S-förmiger Verlauf der Diffusionskurve (vgl. *Abbildung 3*). [23] Sowohl in den frühen als auch in den späten Phasen ist die Diffusion relativ langsam. Die Geschwindigkeit nimmt in den frühen Phasen von einem niedrigen Niveau aus zu und später von einem hohen Niveau aus ab; dazwischen liegt eine Phase der raschen Verbreitung.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kurve B in *Abbildung 3* zeigt den Fall, dass eine neue Technologie auch dauerhaft nur von einem Teil der potenziellen Nutzer/innengruppe übernommen wird. Kurve C stellt einen gescheiterten Diffusionsverlauf dar.

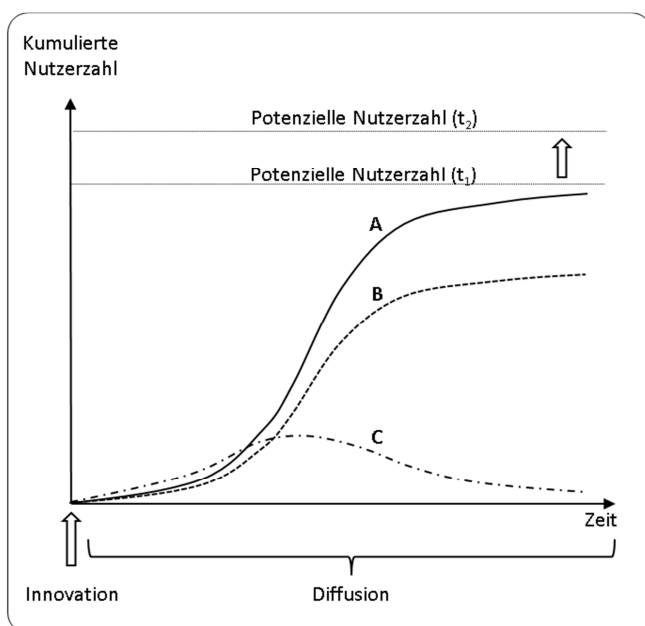


Abbildung 3: Stilisierte Diffusionsverläufe

Der in *Abbildung 3* dargestellte symmetrische Diffusionsverlauf ist jedoch in den meisten Fällen nicht gegeben, da die späteren Phasen der Verbreitung auf Grund der sich im Laufe des Diffusionsprozesses endogen verändernden potenziellen Nutzer/innenzahl länger andauern.<sup>2</sup> [24] Der S-förmige Verlauf der Diffusionskurve ist auf klassische mikroökonomische Theorien zurückzuführen und Resultat der aggregierten individuellen Wahlakte. Die Adoption einer Energieinnovation ist – wie bei jeder anderen Entscheidung – einem Kosten-Nutzen-Kalkül unterworfen. Nur wenn der Nutzen die Kosten übersteigt, kommt es zur Adoption der Technologie. Die Adoptionsentscheidung entspricht dabei im Wesentlichen einer Investitionsentscheidung, da der überwiegende Teil der Kosten unmittelbar bei der Adoption anfällt, während der Nutzen als Nutzenstrom über die Zeit verteilt anfällt. [25] Dies trifft insbesondere auf die Passivhaustechnologie zu.

Für den Diffusionsprozess spielen einerseits Informationsausbreitungsprozesse via face-to-face Kommunikation unter einander vertrauten Akteuren sowie Massenmedien und die Informationspolitik eine Rolle (Informationsmodell). Andererseits wird der Diffusionsprozess auch durch die Heterogenität einzelner Akteure etwa hinsichtlich Einkommen oder persönlicher Präferenzen erklärt (Heterogenitätsmodell). Neuere Theorien gehen davon aus, dass die Diffusion einer Innovation von Konstellationen beeinflusst wird, in denen es für einen Akteur optimal ist dem beobachteten Verhalten anderer zu folgen („Herdenverhalten“), unabhängig vom eigenen Informationsstand (Modell der Informationskaskaden). [26] Soziologische Theorien berücksichtigen zur Erklärung von Diffusionsprozessen sowohl Umwelteffekte als auch soziale Interaktionsstrukturen. [25] Die Diffusion einer Innovation hängt einerseits von den subjektiv wahrgenommenen bzw. zugeschriebenen Eigenschaften einer Innovation ab. Dazu zählen neben dem relativen Vorteil, der sich aus der Nutzung ergibt, auch die Kompatibilität der Innovation mit der Lebenswelt der Individuen sowie die Komplexität, Erprobbarkeit und Beobachtbarkeit der Innovation. Andererseits sind es externe, soziale Fakto-

<sup>2</sup> Erhöht sich die Zahl der potenziellen Nutzer/innen – wie in *Abbildung 3* dargestellt – von  $t_1$  auf  $t_2$ , so kommt es zu einem asymmetrischen Diffusionsverlauf.

ren wie beispielsweise die genutzten Kommunikationskanäle oder das Ausmaß der Bemühungen von „Change Agents“, die sich auf die Diffusion auswirken. [27]

Dementsprechend hängt auch die Marktentwicklung von Passivhäusern von externen, nicht direkt beeinflussbaren, makroökonomischen Prozessen wie etwa der Energiekostenentwicklung oder der Förderlandschaft ab. Andererseits wird die Verbreitung von Passivhäusern auch von sozialen Faktoren wie dem Informationsstand, der Innovationsfreude sowie der Kaufkraft der potenziellen Nutzer/innen geprägt. Beeinflusst wird die Diffusion zudem von der Bekanntheit, Verfügbarkeit und dem Image des Produktes als auch von der Qualität des Vertriebsnetzes (Verfügbarkeit qualifizierter „Change Agents“). [19]

#### 4 Die empirische Erhebung

Um die Seite der handelnden Akteure in Verknüpfung mit den sozialen Gegebenheiten zu beleuchten und damit eine umfassende Betrachtung des Diffusionsprozesses von Passivhäusern zu ermöglichen, wurde eine österreichweite empirische Studie lanciert. Die empirische Untersuchung basiert dabei auf einem umfassenden, über einen mehrmonatigen Zeitraum entwickelten, modular aufgebauten Fragebogen, dessen spezifische Fragestellungen sich in fünf Blöcke gliedern:

- Wohnsituation und Geräteausstattung
- Stromverbrauch und Heizkosten
- Energiesparen und ökologische Einstellung
- Spezifische Fragestellungen zu Passivhäusern
- Sozio-ökonomische Charakteristika

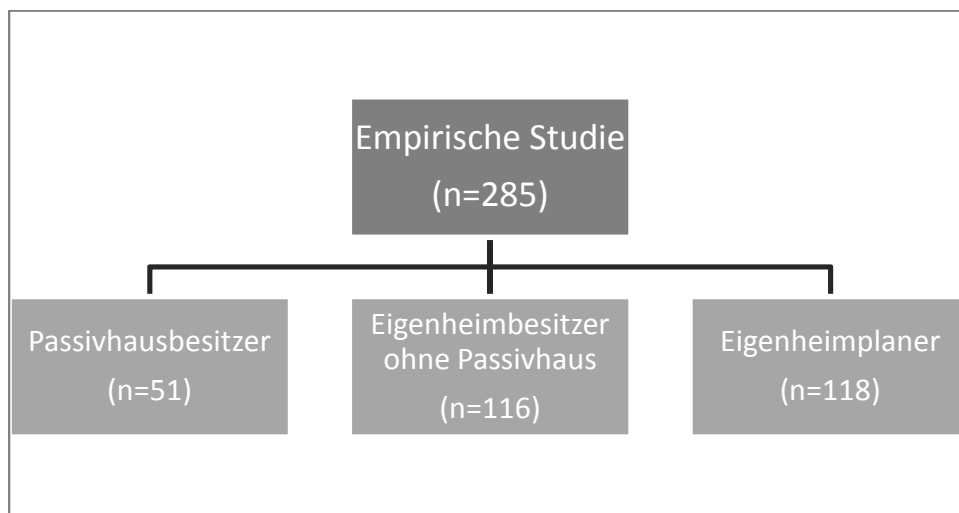


Abbildung 4: Zusammensetzung des Befragungssamples

Zielgruppe der empirischen Erhebung waren Passivhausbesitzer/innen (*Nutzer/innen der Energieinnovation*), Eigenheimbesitzer/innen ohne Passivhaus (*Nicht-Nutzer/innen der Energieinnovation*) sowie Eigenheimplaner/innen, also die *zukünftigen Adopter der Energieinnovation*. Für jede dieser Gruppen wurde eine eigene Fragebogenversion entwickelt, die sich

jedoch nur im spezifischen Fragenblock zu Passivhäusern unterscheiden. Das Gesamtsample beläuft sich auf  $n=285$  Personen, wobei die Gruppe der Passivhausbesitzer/innen das kleinste Subsample ( $n=51$ ) bildet (vgl. *Abbildung 4*).

Als methodische Vorgehensweise wurde eine Online-Befragung gewählt. Die entwickelten Fragebögen wurden mit Hilfe geeigneter Software (LimeSurvey) für die Online-Befragung adaptiert und über ein externes Marktforschungsinstitut an die potenziellen Befragungsteilnehmer/innen distribuiert.<sup>3</sup> Auf Grund der Schwierigkeit, die teilrelevante Zielgruppe der Passivhausbesitzer/innen zu erreichen, wurden diese über die Interessensgemeinschaften *Innovative Gebäude* sowie *Passivhaus Austria* kontaktiert.<sup>4</sup> In den verbleibenden Subgruppen wurden vom beauftragten Befragungsinstitut insgesamt 1.022 Personen zur Teilnahme an der Online-Befragung eingeladen<sup>5</sup>; der Rücklauf lag bei 234 verwertbaren Fragebögen, was einer Rücklaufquote von 22,9 % entspricht.

Aussagen zur Repräsentativität der erhobenen Stichprobe lassen sich auf Grund der speziellen Zielgruppe der Befragung (Passivhaus- bzw. Eigenheimbesitzer/innen sowie Eigenheimplaner/innen) nur schwer treffen. Es ist davon auszugehen, dass die Zielgruppe bzw. Grundgesamtheit der empirischen Erhebung älter und höher gebildet ist sowie ein höheres Einkommensniveau als die durchschnittliche Gesamtbevölkerung in Österreich aufweist. Ein Vergleich mit der österreichischen Gesamtbevölkerung ist daher – in Hinblick auf die Repräsentativität – nur bedingt aussagekräftig.

Alter	Sample		Bevölkerung Österreich	
	absolut	in %	absolut	in %
20-24 Jahre	7	2,5%	540.708	8,4%
25-34 Jahre	66	23,2%	1.120.105	17,4%
35-44 Jahre	75	26,3%	1.187.391	18,4%
45-54 Jahre	64	22,5%	1.374.098	21,3%
55-64 Jahre	39	13,7%	1.019.996	15,8%
65-81 Jahre	34	11,9%	1.211.819	18,8%
<b>Gesamt</b>	<b>285</b>	<b>100,0%</b>	<b>6.454.117</b>	<b>100,0%</b>

Tabelle 2: Altersstruktur des Samples im Vergleich zur österreichischen Bevölkerung

Grundsätzlich ist das erhobene Gesamtsample (Summe aller drei Teilgesamtheiten) männlich dominiert; so befinden sich 56,8 % Männer und 43,2 % Frauen in der Stichprobe. Im Vergleich zur gesamtösterreichischen Bevölkerung ist das männliche Geschlecht überproportional vertreten (Grundgesamtheit Männer: 48,8 %, Frauen: 51,2 %). [28] Das Durchschnittsalter beträgt in der Stichprobe 45,1 Jahre (Median: 44 Jahre); die gesamte Altersbandbreite liegt zwischen 20 und 81 Jahren. Betrachtet man die Altersstruktur im Vergleich zur Bevölkerung in Österreich, so zeigen sich marginale Abweichungen. Während die Gruppe der 25- bis 44-Jährigen in der Stichprobe deutlich stärker vertreten ist als in der Grundgesamtheit, trifft auf die Gruppe der 20- bis 24-Jährigen bzw. 65- bis 81-Jährigen genau der

<sup>3</sup> Für weitere Informationen siehe <http://www.market.at>.

<sup>4</sup> Aus diesem Grund kann für diese Subgruppe keine Rücklaufquote angegeben werden.

<sup>5</sup> Je nach Angabe im Screening am Beginn des Fragebogens wurden die Befragten der Gruppe „Eigenheimbesitzer/innen ohne Passivhaus“ oder „Eigenheimplaner/innen“ zugeordnet und zur entsprechenden Fragebogenversion weitergeleitet.



umgekehrte Fall zu (vgl. *Tabelle 2*). [28] [29] Dies dürfte einerseits auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass Eigenheim- bzw. Passivhausbesitzer/innen grundsätzlich nicht der jüngsten Altersgruppe angehören. Andererseits kann die Unterrepräsentanz Älterer durch die geringere Vertrautheit dieser Gruppe mit Online-Befragungen bzw. dem Internet im Allgemeinen erklärt werden. [30]

Auch beim Bildungsniveau zeigen sich – wie erwartet – deutliche Abweichungen von der gesamtösterreichischen Bevölkerung. Das erhobene Sample weist einen hohen Bildungsgrad auf; 26,3 % der Befragten haben Matura, weitere 38,9 % eine tertiäre Ausbildung abgeschlossen. Im Vergleich zur Bevölkerung in Österreich ist die höher gebildete Schicht damit deutlich stärker vertreten. Demgegenüber sind die Gruppen mit höchstens Pflichtschulabschluss sowie Lehre oder Fachschule unterrepräsentiert. [31] Mit dem höheren Bildungsniveau in Zusammenhang steht auch ein höheres monatliches Netto-Haushaltseinkommen. Dieses beträgt in der Stichprobe im Mittel rund € 2.863 pro Monat (Median: € 2.751); in der Gesamtbevölkerung liegt das mittlere Netto-Haushaltseinkommen bei rund € 2.751 (Median: € 2.374). [32]

Die regionale Verteilung des Samples entspricht im Wesentlichen jener der Grundgesamtheit. Wien ist – auf Grund der geringeren Dichte an Eigenheimen bzw. Einfamilienhäusern – in der Stichprobe unterrepräsentiert, während das Bundesland Niederösterreich im Sample deutlich stärker vertreten ist (vgl. *Tabelle 3*). [29] Letztere Abweichung ist wesentlich dadurch bedingt, dass sich das Subsample der befragten Passivhausbesitzer/innen vorwiegend auf das Bundesland Niederösterreich (58,8 %) konzentriert.

<i>Bundesland</i>	<i>Sample</i>		<i>Bevölkerung Österreich</i>	
	<i>absolut</i>	<i>in %</i>	<i>absolut</i>	<i>in %</i>
Burgenland	9	3,2%	286.983	3,4%
Kärnten	23	8,1%	555.589	6,6%
Niederösterreich	86	30,2%	1.621.469	19,1%
Oberösterreich	50	17,5%	1.421.939	16,8%
Salzburg	13	4,6%	532.902	6,3%
Steiermark	46	16,1%	1.212.502	14,3%
Tirol	24	8,4%	718.379	8,5%
Vorarlberg	13	4,6%	373.870	4,4%
Wien	21	7,4%	1.753.597	20,7%
<b>Gesamt</b>	<b>285</b>	<b>100,0%</b>	<b>8.477.230</b>	<b>100,0%</b>

*Tabelle 3: Regionale Verteilung des Samples im Vergleich zur österreichischen Bevölkerung*

Zusätzlich zur Online-Befragung wurden im Vorfeld zur empirischen Erhebung drei leitfadengestützte Expert/innen-Interviews mit Stakeholdern aus dem Passivhausbereich (Interessensgemeinschaft, Architekt, Baumeister) durchgeführt. Auf Basis dieser Interviews wurden Hypothesen für die Verbreitung von Passivhäusern formuliert, welche im Zuge der quantitativen Erhebung überprüft wurden. Mit diesem Mix aus qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden konnten hinsichtlich der Identifikation diffusionsrelevanter Einflussfaktoren robuste Ergebnisse gewährleistet werden.

## 5 Allgemeine empirische Ergebnisse

Die erhobenen Daten wurden in einem ersten Schritt in Hinblick auf die Bekanntheit und Sichtbarkeit der Passivhaustechnologie, die Informationsbeschaffung, die Zufriedenheit mit der Energieinnovation, die Kaufbereitschaft, die relevanten Faktoren für die Adoption der Technologie sowie die subjektiv empfundenen Nachteile ausgewertet.

### 5.1 Bekanntheitsgrad, Informationsverbreitung und Sichtbarkeit

Grundsätzlich zeigt sich in der erhobenen Stichprobe ein sehr hoher Bekanntheitsgrad der Passivhaustechnologie. So gaben 94,9 % der Nicht-Besitzer/innen an, das Produkt „Passivhaus“ zu kennen; den restlichen 5,1 % ist die Passivhaustechnologie gänzlich unbekannt. Im Vergleich zu bisherigen Studien offenbart sich in der gegenständlichen Untersuchung ein deutlich höherer Bekanntheitsgrad. Plate et al. (2010) geben einen Bekanntheitsgrad von insgesamt 80 % an; einem Fünftel war das Passivhaus gänzlich unbekannt. [12] Auch Sonnenplatz (2006) verweist mit 56 % auf eine deutlich niedrigere Vertrautheit mit dem Begriff Passivhaus. [19] Der höhere Bekanntheitsgrad im vorliegenden Sample dürfte jedoch damit zu erklären sein, dass die Zielgruppe der Befragung lediglich Eigenheimbesitzer/innen und Personen, die in den nächsten zwei Jahren die Errichtung eines Eigenheims planen, waren. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich diese spezielle Gruppe – auf Grund der vergangenen bzw. nahe liegenden Investitionsentscheidung – schon einmal mit der Passivhaustechnologie auseinandergesetzt hat und der Bekanntheitsgrad folglich größer ist, ist deutlich höher als bei Betrachtung der gesamtösterreichischen Bevölkerung, wie dies in bisherigen Studien der Fall war.

Auf die Frage welche Kanäle für die Verbreitung von Informationen über die Passivhaustechnologie relevant sind, zeigt sich ein eindeutiges Bild. Jeweils mehr als 50 % der Befragten gaben an, dass sie von der Passivhaustechnologie im Radio oder Fernsehen bzw. in ihrem sozialen Umfeld (Verwandte, Bekannte, Freunde etc.) gehört haben. Daneben spielen auch die Anbieter (Bauunternehmen, Installateure, Musterhausparcs), Fachmedien, Ausstellungen/Messen sowie Prospekte und Broschüren eine wichtige Rolle für die allgemeine Verbreitung von Informationen über Passivhäuser. Neue Medien wie soziale Netzwerke oder Handy-Apps weisen de facto keine Relevanz für die Informationsverbreitung auf (vgl. *Abbildung 5*).

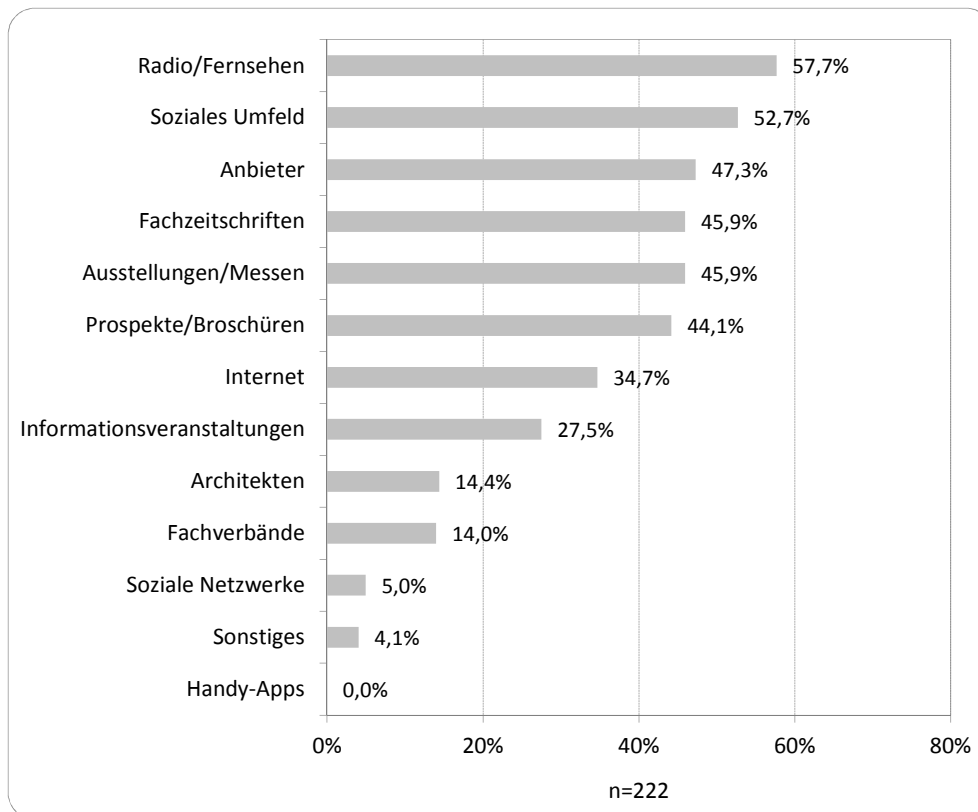


Abbildung 5: Informationskanäle, über die Passivhäuser bekannt werden

Neben dem hohen Bekanntheitsgrad zeigt sich auch eine starke Sichtbarkeit der Passivhaustechnologie. Deutlich mehr als die Hälfte der befragten Nicht-Besitzer/innen (59,5 %) gaben an, dass ihnen Passivhäuser schon des Öfteren aufgefallen sind. Je rund ein Drittel war schon einmal in einem Passivhaus und konnte sich ein Urteil darüber bilden bzw. hat sich schon einmal mit den in einem Passivhaus verwendeten Technologien auseinandergesetzt.

## 5.2 Zufriedenheit, relevante Faktoren für die Adoption und Nachteile

Unter den befragten Passivhausbesitzer/innen zeigt sich grundsätzlich eine sehr hohe Zufriedenheit mit der Technologie. Der Großteil (88,2 %) ist mit ihrem Passivhaus sehr zufrieden, weitere 11,8 % sind eher zufrieden. Unzufriedene Adoptoren gibt es im erhobenen Sample nicht (vgl. *Abbildung 6*). Darüber hinaus würden 94,1 % der Befragten die Passivhaustechnologie an Eigenheimplaner/innen im sozialen Umkreis weiterempfehlen.

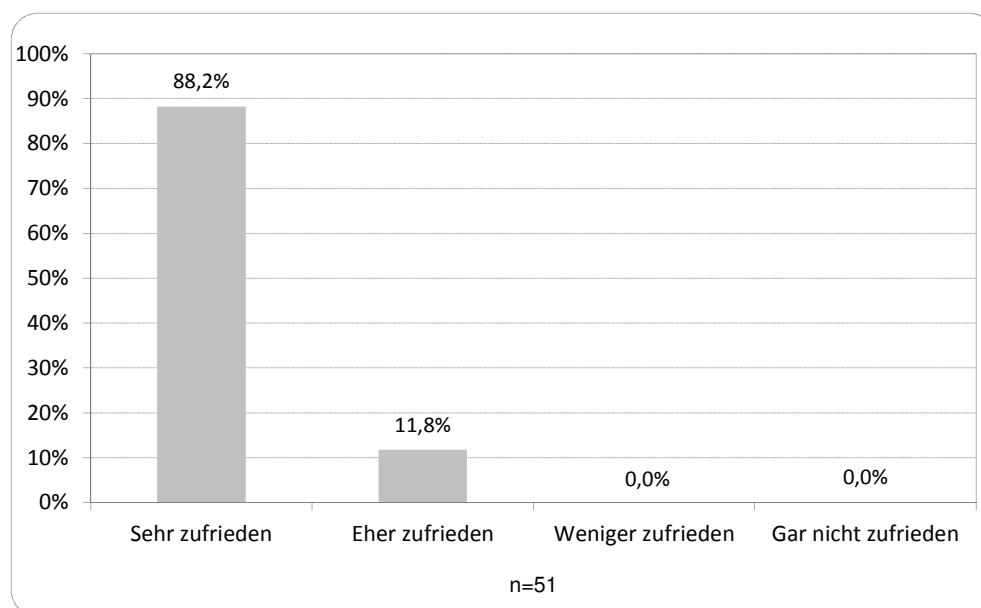


Abbildung 6: Zufriedenheit mit dem Passivhaus

Auch die Anwendung bzw. Bedienung der Technologien in einem Passivhaus wird zu einem Großteil (94,1 %) als sehr bis eher einfach eingeschätzt. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit der Tatsache, dass die eingebaute Technik in Passivhäusern immer einfacher und bedienerfreundlicher wird und daher kaum besondere Anforderungen an die Nutzer/innen stellt. [19]

Zu den wesentlichen Faktoren für die Adoption der Passivhaustechnologie zählen in erster Linie der hohe Wohnkomfort und die Behaglichkeit sowie die niedrigen Energiekosten, gefolgt von der Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und schwankenden Energiepreisen. Auch der Beitrag zu Nachhaltigkeit und Umweltschutz sowie die verringerte Lärm- und Schadstoffbelastung waren für je 88,2 % der befragten Passivhausbesitzer/innen sehr bis eher wichtig (vgl. *Tabelle 4*). Für die Diffusion von Innovationen wie der Passivhaustechnologie können auch komplementäre Inputs – also beispielsweise qualifizierte Anbieter – eine Rolle spielen. [33] So zeigt sich in den empirischen Ergebnissen, dass für je rund 70,6 % der Befragten die professionelle Beratung durch Anbieter sowie die Verfügbarkeit eines gut ausgebauten Unterstützungs- und Wartungsnetzwerkes vor Ort eine sehr bis eher wichtige Rolle bei der Adoptionsentscheidung spielten. Staatliche Förderungen waren für knapp die Hälfte (47,0 %) der Passivhausbesitzer/innen von Relevanz.

Relevante Faktoren	Anteil sehr bis eher wichtig
1. Hoher Wohnkomfort und Behaglichkeit	100,0 %
2. Niedrige Energiekosten	96,1 %
3. Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen	94,1 %
4. Unabhängigkeit von schwankenden Energiepreisen	90,2 %
5. Beitrag zum Umweltschutz	88,2 %
6. Verringerte Lärm- und Schadstoffbelastung	88,2 %

Tabelle 4: Top-Faktoren für die Investitionsentscheidung – Passivhausbesitzer/innen (n=51)

Als wesentlicher Nachteil der Passivhaustechnologie werden die hohen Errichtungskosten gesehen. Darüber hinaus bemängeln 39,2 % der Passivhausbesitzer/innen die zu geringe Förderung der Technologie durch die öffentliche Hand; auch werden die Förderrichtlinien von einem Drittel der Befragten (33,3 %) als zu kompliziert empfunden. Ein Drittel der Besitzer/innen kritisiert auch die zu trockene Luft im Passivhaus. Demgegenüber sehen 41,2 % der Befragten keine Nachteile im Passivhaus (vgl. *Abbildung 7*), ein Ergebnis, das auch in Zusammenhang mit der hohen Zufriedenheit mit der Technologie stehen dürfte.

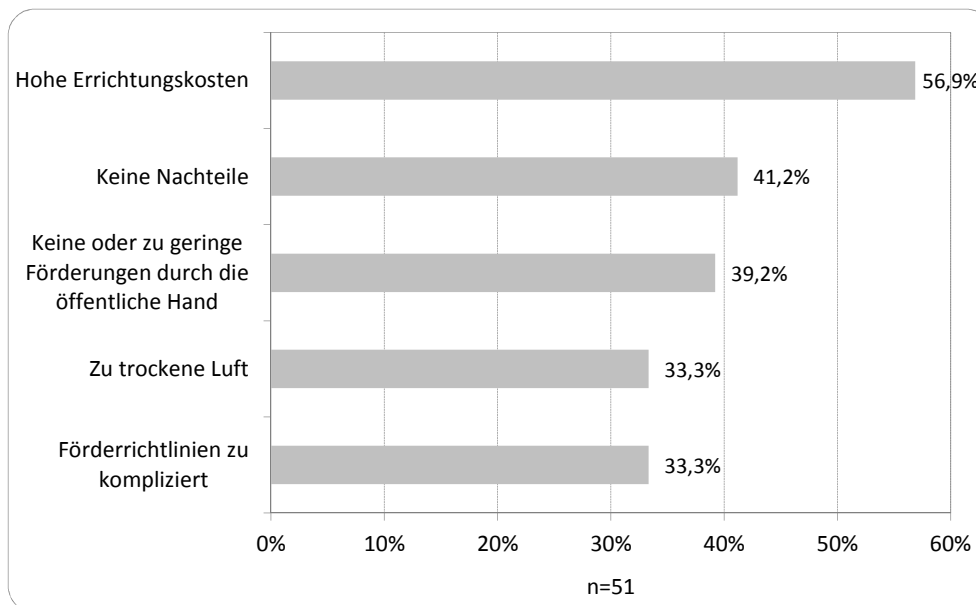


Abbildung 7: Subjektiv empfundene Nachteile des Passivhauses

### 5.3 Kaufbereitschaft und Informationsbeschaffung

Eigenheimplaner/innen stellen die zukünftigen Adoptoren der Passivhaustechnologie dar. Doch wie hoch ist die Kaufbereitschaft unter den potenziellen Nutzer/innen der Technologie? Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass sich rund zwei Drittel (67,0 %) der Eigenheimplaner/innen grundsätzlich vorstellen können, ein Passivhaus zu errichten. Darunter halten etwa 69,8 % die tatsächliche Errichtung eines Passivhauses auch für sehr bis eher wahrscheinlich. Deutlich mehr als die Hälfte der potenziellen Adoptoren hat sich bereits aktiv über Passivhäuser informiert. Bisherige Studien verweisen demgegenüber auf eine deutlich geringere Kaufbereitschaft (50 %) für Passivhäuser. [12]

Zu den wesentlichen Informationsbeschaffungskanälen zählen unter den Passivhausbesitzer/innen und zukünftigen Nutzer/innen der Technologie neben Ausstellungen und Messen sowie Prospekten und Broschüren auch das Internet, Fachzeitschriften und spezielle Informationsveranstaltungen. Zusätzlich kommt den Anbietern, also Bauunternehmen und Installateuren, Architekten sowie dem sozialen Umfeld eine tragende Rolle als Informationsquelle zu (vgl. *Abbildung 8*).

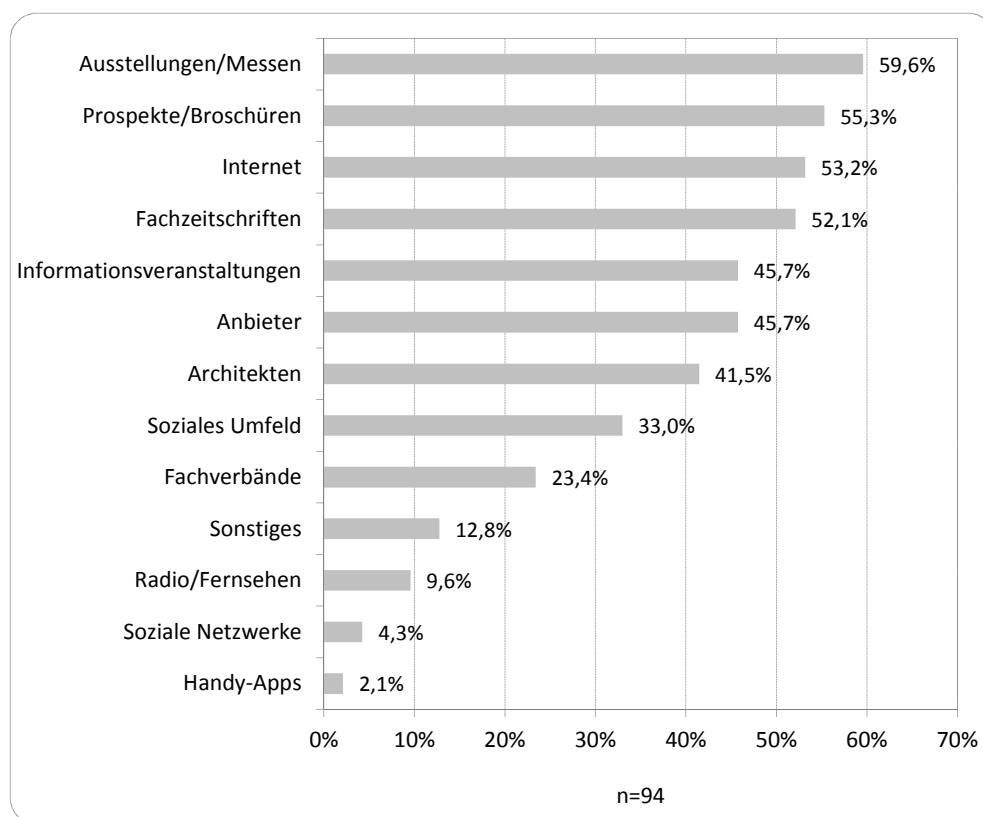


Abbildung 8: Informationsquellen über die Passivhaustechnologie

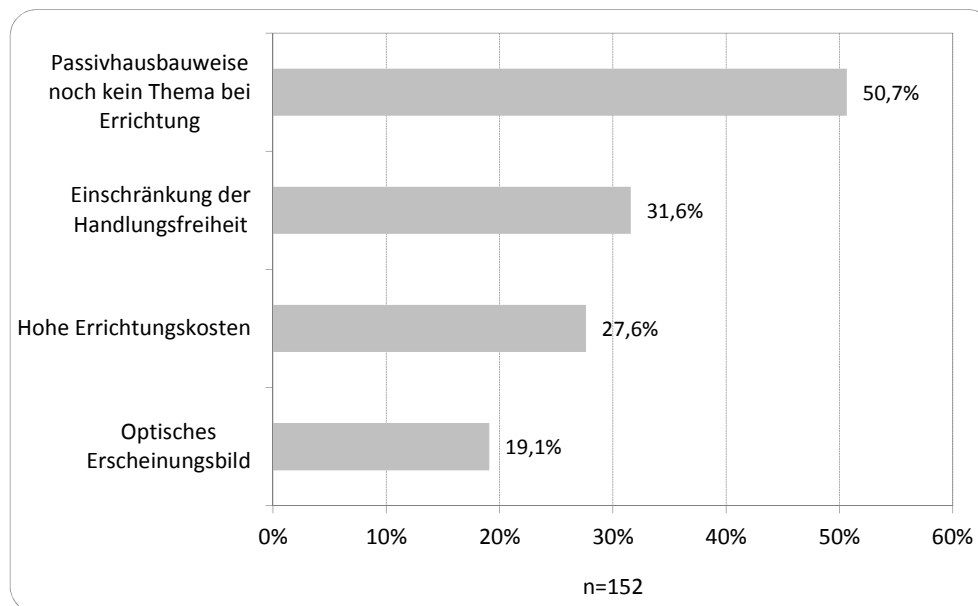
#### 5.4 Relevante Faktoren für die zukünftige Adoption der Technologie und Gründe für den Nicht-Besitz

Ausschlaggebende Faktoren potenzieller Nutzer/innen für die Investitionsentscheidung sind neben den hohen Errichtungskosten, auch die niedrigen Energiekosten, die Unabhängigkeit von schwankenden Energiepreisen, der Beitrag zum Umweltschutz sowie der hohe Wohnkomfort und die Behaglichkeit in einem Passivhaus. Auch die Verfügbarkeit staatlicher Förderungen spielt für die Entscheidung ein Passivhaus (anstatt eines konventionellen Neubaus) zu errichten eine wichtige Rolle. Für 91,8 % der befragten Eigenheimplaner/innen ist die Förderung durch die öffentliche Hand sehr bis eher wichtig (vgl. *Tabelle 5*); die Förderpolitik kann für die weitere Verbreitung von Passivhäusern somit einen wichtigen Beitrag leisten. Am wenigsten wichtig sind den potenziellen Adoptoren demgegenüber ästhetische Gründe (schönes optisches Erscheinungsbild eines Passivhauses), das positive Image eines Passivhauses sowie Empfehlungen aus dem sozialen Umfeld.

Relevante Faktoren	Anteil sehr bis eher wichtig
1. Errichtungskosten	97,3 %
2. Niedrige Energiekosten	97,3 %
3. Unabhängigkeit von schwankenden Energiepreisen	95,9 %
4. Beitrag zum Umweltschutz	94,5 %
5. Hoher Wohnkomfort und Behaglichkeit	93,2 %
6. Förderung durch die öffentliche Hand	91,8 %

Tabelle 5: Top-Faktoren für die zukünftige Investitionsentscheidung – Potenzielle Adoptoren (n=73)

Die Gründe für den Nicht-Besitz eines Passivhauses zeigen sich in den erhobenen Samples zunächst extern bedingt. So gab rund die Hälfte der Befragten an, dass der Passivhausstandard zu dem Zeitpunkt als ihr Eigenheim errichtet wurde noch nicht verbreitet bzw. verfügbar war. Zu den weiteren Gründen für den Nicht-Besitz bzw. den Umstand, dass sich zukünftige Eigenheimplaner/innen nicht vorstellen können ein Passivhaus zu errichten, zählen in erster Linie technologiebezogene Faktoren wie die Einschränkung der persönlichen Handlungsautonomie, die hohen Errichtungskosten sowie das optische Erscheinungsbild von Passivhäusern (vgl. *Abbildung 9*).



*Abbildung 9: Gründe für den Nicht-Besitz bzw. die Nichtbereitschaft zur zukünftigen Adoption*

## 6 Diffusionsrelevante Einflussfaktoren

Die Identifikation diffusionsrelevanter Einflussfaktoren erfolgte zunächst auf qualitativer Ebene durch die leitfaden-gestützten Expert/innen-Interviews; die Quantifizierung der identifizierten Einflussgrößen basiert hingegen auf den empirischen Daten.

### 6.1 Erkenntnisse aus den qualitativen Interviews

Die aus den qualitativen Expert/innen-Interviews abgeleiteten Resultate zeigen, dass die Diffusion von Passivhäusern einerseits von individuellen Faktoren wie Umweltbewusstsein, Bedürfnis nach Energieautarkie, Wichtigkeit von Energieeffizienz und persönlicher Handlungsautonomie (unterstützende Wertestruktur) als auch finanziellen Ressourcen (Einkommen) abhängt. Diese Faktoren beeinflussen die Wahrscheinlichkeit für den Besitz bzw. die Errichtung eines Passivhauses. Auch die Verfügbarkeit von staatlichen Förderungen hat wesentlichen Einfluss auf die Investitionsentscheidung. Dies konnte bereits in den allgemeinen empirischen Ergebnissen gezeigt werden. Schließlich spielen auch komplementäre Inputs, also das vorhandene Unterstützungs- und Wartungsnetzwerk in Form von „Change Agents“ (verfügbare, kompetente Anbieter, Installateure, Architekten etc.), eine wichtige Rolle für die Verbreitung von Passivhäusern (vgl. *Abbildung 10*). Die Wichtigkeit von „Change Agents“ für

die Adoption der Passivhaustechnologie konnte bereits empirisch bestätigt werden (siehe Abschnitt 5.2).

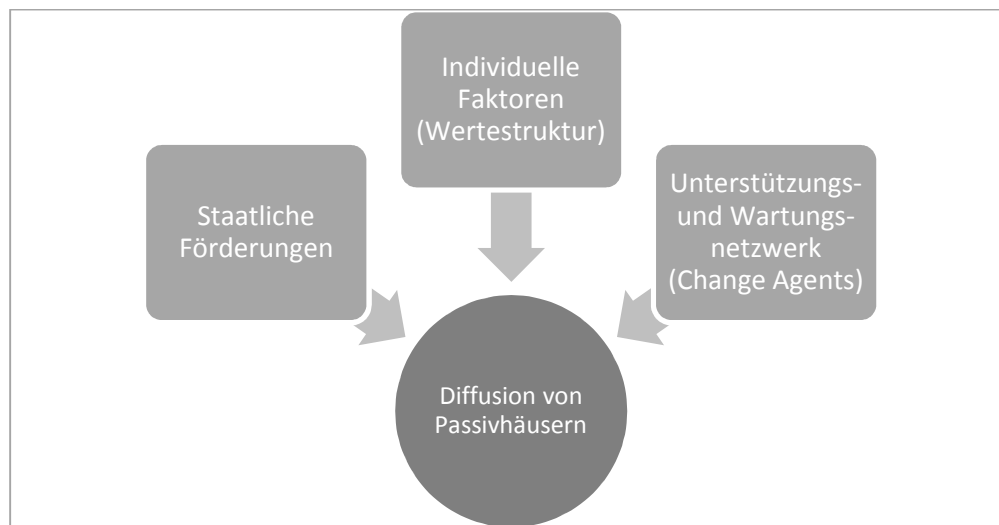


Abbildung 10: Relevante Faktoren für die Verbreitung von Passivhäusern

## 6.2 Ökonometrische Ergebnisse

Die Adoption der Passivhaustechnologie wurde in weiterer Folge mit Hilfe eines ökonometrischen Modells erklärt. Die methodologische Basis stellen hierzu so genannte *Binary Response* Modelle dar. Diese zählen zu den *Limited Dependent Variable* Modellen und weisen eine binär codierte abhängige Variable, auch *Dummy-Variable* genannt, auf. Im vorliegenden Fall nimmt die abhängige Variable für Passivhausbesitzer/innen den Wert  $y=1$  an; bei Nicht-Besitz eines Passivhauses weist die Variable den Wert  $y=0$  auf (Gleichung 1).

$$\begin{aligned} \text{Besitz eines Passivhauses} &\rightarrow y = 1 \\ \text{Nicht - Besitz eines Passivhauses} &\rightarrow y = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

*Binary Response* Modelle schätzen Erfolgswahrscheinlichkeiten für das Auftreten von  $y=1$  in Abhängigkeit eines Sets unabhängiger Variablen. Die *reponse probability* bzw. Erfolgswahrscheinlichkeit des *Binary Response* Modells weist demnach die Form

$$P(y = 1 | \bar{x}) = G(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k) \quad (2)$$

auf, wobei  $\bar{x}$  den Vektor der erklärenden Variablen und  $G(\cdot)$  eine Transformation der linearen Funktion  $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$  darstellt, die garantiert, dass für alle reellen Zahlen (und Kombinationen von  $x_1, \dots, x_k$ ) stets Werte zwischen 0 und 1 ( $0 < G(\cdot) < 1$ ) resultieren. Da es sich bei den vom *Binary Response* Modell generierten Werten um Wahrscheinlichkeiten handelt, liegen diese – wie erforderlich – strikt im zulässigen Wertebereich zwischen 0 und 1, auch wenn ein geschätzter  $y$ -Wert („fitted value“) des Modells größer 1 bzw. kleiner 0 resul-



tieren würde. Mehrere Verteilungsfunktionen bieten sich für eine solche Transformation an. Im *Logit* Modell, das im vorliegenden Fall verwendet wird, stellt  $G(\cdot)$  die logistische Verteilungsfunktion dar (siehe Gleichung 3).

$$G(z) = \frac{\exp(z)}{1 + \exp(z)} \quad (3)$$

Die Parameter eines *Logit* Modells werden mit der *Maximum-Likelihood* Methode geschätzt. Der *Maximum-Likelihood* Schätzer für  $\beta_j$  maximiert dabei die *Log-Likelihood* Funktion. Die geschätzten Koeffizienten können jedoch nicht direkt berechnet werden. Vielmehr werden die Parameter des Modells durch einen iterativen Prozess bestimmt, welcher konsistente, asymptotisch effiziente und normalverteilte Koeffizienten generiert. [34] [35] [36]

Das finale Modell (siehe Gleichung (4)) beinhaltet neben sozio-ökonomischen Charakteristika wie Alter, Kinder, Bildungsniveau, Einkommen und Struktur der Wohnumgebung ( $X_i$ ) auch individuelle Faktoren ( $Z_j$ ), welche das Umweltbewusstsein, die Neigung zu Energiesparen und Energieeffizienz sowie den Hang zu technologischen Neuerungen beschreiben. Diese Faktoren können unter dem in Abschnitt 6.1 erläuterten Begriff der unterstützenden Wertestruktur subsumiert werden. Eine detaillierte Beschreibung und Codierung der im ökonometrischen Modell verwendeten Variablen findet sich in *Tabelle A1* im Anhang.

$$y = \beta_0 + \beta_i X_i + \beta_j Z_j + \varepsilon \quad (4)$$

Die Ergebnisse des in Gleichung (4) dargestellten ökonometrischen Modells sind in *Tabelle 6* zu finden. Grundsätzlich sind die Koeffizienten eines *Logit*- bzw. *Binary Response* Modells auf Grund der Nicht-Linearität in den Parametern  $\beta_j$ , welche durch die Transformation der Schätzgleichung verursacht wird, nur bedingt interpretierbar. Anhand des Regressionsergebnisses kann zunächst nur die Signifikanz und die Richtung des Einflusses (positiv oder negativ) beurteilt werden.

<i>Variable</i>	<i>Koeffizienten</i>	<i>Odds-Ratios</i>
Konstante ( $\beta_0$ )	-7,530*** (0,000)	-
Alter	-0,058*** (0,004)	0,943*** (0,004)
Kinder	2,660*** (0,000)	14,296*** (0,000)
Haushaltseinkommen	0,001** (0,042)	1,001** (0,042)
Bildungsniveau	1,347** (0,043)	3,846** (0,043)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matura</li> <li>• Tertiäre Ausbildung</li> </ul>	1,688** (0,012)	5,410** (0,012)
Ruralität	1,511*** (0,004)	4,532*** (0,004)
Energieautarkie	1,624*** (0,000)	5,074*** (0,000)
Energiesparinteresse	1,361*** (0,010)	3,901*** (0,010)
Early Adopter Typ	0,920* (0,059)	2,509* (0,059)
Ökostrombezug	1,158** (0,024)	3,183** (0,024)
Beobachtungen	231	
Wald- $\chi^2$ -Statistik (p-Wert)	44,53 (0,000)	
Mc Fadden Pseudo-R <sup>2</sup>	0,403	
Adjusted McFadden Pseudo-R <sup>2</sup>	0,307	
Robuste p-Werte in Klammern		
Signifikanz: ***1 % Niveau **5 % Niveau *10 % Niveau		

Tabelle 6: Ergebnisse des ökonometrischen Modells

Wie Tabelle 6 zeigt, sind alle Koeffizienten zumindest auf dem 10 %-Niveau statistisch signifikant. Die Konstante  $\beta_0$  gibt den (unbeobachteten) Effekt aller, nicht im Modell inkludierten Parameter auf die abhängige Variable, also den Besitz eines Passivhauses, wieder. Die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses ist somit grundsätzlich negativ, ändert sich jedoch in Abhängigkeit der im Modell einbezogenen Faktoren. Das Alter hat einen negativen Einfluss auf den Besitz eines Passivhauses; d.h. mit zunehmendem Alter sinkt die Wahrscheinlichkeit für die Adoption der Passivhaustechnologie. Das Vorhandensein von Kindern wirkt hingegen positiv auf den Passivhausbesitz, was einerseits darauf zurückzuführen sein dürfte, dass Kinder mehr Nutzfläche in Form eines Eigenheims sowie eine stärkere Kosten- bzw. Energieeinsparnotwendigkeit bedingen. Andererseits können hier auch altruistische Motive dahinter liegen, wonach für die Akteure ein Nutzen aus der Erhaltung der Umwelt für zukünftige Generationen entsteht (Vererbungsutzen). [37] Weitere Faktoren, die sich positiv auf die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses auswirken sind das

(Haushalts)Einkommen sowie das Ausbildungsniveau. Darüber hinaus diffundieren Passivhäuser verstärkt in ländlichen Gebieten, was sich im positiven Vorzeichen der Variable „Ruralität“ widerspiegelt. Zusätzlich wirken individuelle Faktoren (unterstützende Wertstruktur) positiv auf die Diffusion von Passivhäusern. So stellen das Bedürfnis nach Energieautarkie, das Interesse an Energiesparen und Energieeffizienz sowie der individuelle Hang zu technologischen Neuerungen (Typ „Early Adopter“) wesentliche Einflussfaktoren für die Wahrscheinlichkeit eines Passivhausbesitzes dar. Der bewusste Bezug von Ökostrom dient als „Proxy-Variable“ für Umweltbewusstsein, ein Kriterium das ebenfalls positiv auf den Besitz eines Passivhauses wirkt.

Um den geschätzten Koeffizienten des *Logit* Modells mehr Aussagekraft zu verleihen, wurden in einem zweiten Schritt so genannte *Odds-Ratios* oder Exponentialkoeffizienten berechnet. Das *Odds-Ratio* bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit des Passivhausbesitzes ( $y=1$ ) in Abhängigkeit der Veränderung einer unabhängigen Variable  $x_j$  und wird folgendermaßen berechnet:

$$Odds - Ratio = \frac{e^{\beta_0 + \beta_j(x_j+1)}}{e^{\beta_0 + \beta_j x_j}} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_j x_j} e^{\beta_j}}{e^{\beta_0 + \beta_j x_j}} = e^{\beta_j} \quad (5)$$

*Odds-Ratios* größer 1 reflektieren eine höhere Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses ( $y=1$ ), während Exponentialkoeffizienten kleiner 1 auf eine niedrigere Chance verweisen.<sup>6</sup> Die Interpretation der *Odds-Ratios* basiert auf einer „ceteris paribus“ Annahme; d.h. der für eine Variable berechnete Exponentialkoeffizient bezieht sich auf eine Veränderung genau dieses Parameters, während alle anderen Faktoren konstant gehalten werden. [35] [36] Die für das vorliegende Modell berechneten *Odds-Ratios* sind in der zweiten Spalte der *Tabelle 6* zu finden.

Wie bereits erwähnt, wirkt sich das Alter negativ auf den Passivhausbesitz aus. Doch wie groß ist dieser Effekt? Das kalkulierte *Odds-Ratio* zeigt, dass jedes zusätzliche Altersjahr die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses um das 1,06-fache bzw. um 5,7 % reduziert. Besonders stark zeigt sich der Effekt von Kindern, deren Vorhandensein die Wahrscheinlichkeit für einen Passivhausbesitz um das 14,3-fache erhöht. Zudem erhöht sich die Chance um das 1,001-fache durch jeden zusätzlichen Euro an Haushaltseinkommen. Beim Bildungsniveau zeigt sich ein ansteigender Effekt. Während eine Maturausbildung – im Vergleich zu einem Bildungsstand unter Maturaniveau – die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses um das 3,8-fache erhöht, ist dieser Effekt im Falle einer tertiären Ausbildung noch stärker (Wahrscheinlichkeit 5,4-mal höher). Zudem ist die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses in ruralen Gebieten ( $\leq 10.000$  Einwohner/innen) 4,5-mal höher als in urban geprägten Regionen mit mehr als 10.000 Einwohner/innen. Einen wesentlichen Einflussfaktor stellt das Bedürfnis nach Energieautarkie dar, welches die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses um das Fünffache erhöht. Passivhausbesitzer/innen weisen zudem ein hohes Interesse an Energiesparen und Energieeffizienz auf, ein

---

<sup>6</sup> Negative Koeffizienten resultieren in einem Odds-Ratio kleiner 1, während positive Koeffizienten mit einem Odds-Ratio größer 1 verbunden sind.

Umstand der die Wahrscheinlichkeit für den Besitz um das 3,9-fache erhöht. Der individuelle Hang zu technologischen Neuerungen (Typ „Early Adopter“) stellt eine weitere positive Determinante für den Passivhausbesitz dar und erhöht die Chance um das 2,5-fache. Schließlich wirkt sich auch das Umweltbewusstsein positiv aus. Bewusste Ökostrombezieher/innen weisen eine 3,2-mal höhere Chance auf, ein Passivhaus zu besitzen, als weniger umweltbewusste Individuen (Nicht-Ökostrombezieher/innen).

Die Güte eines Regressionsmodells kann an Hand mehrerer Kriterien evaluiert werden. Das *Adjusted McFadden Pseudo-R<sup>2</sup>* beträgt im vorliegenden Modell 0,307. Obwohl dieses Regressionsgütemerkmal – im Vergleich zu einem linearen Regressionsmodell – wenig Interpretationsmöglichkeit aufweist, zeigt sich auf Basis bestehender Untersuchungen, dass Werte zwischen 0,2 und 0,4 einer hohen Regressionsgüte entsprechen. [38] Die Qualität eines ökonometrischen Modells kann zudem durch einen *Likelihood-Ratio-Test* (LR-Test) beurteilt werden, welcher untersucht, ob sich die Erklärungskraft des Modells durch die Inklusion zusätzlicher unabhängiger Variablen erhöht. Im vorliegenden Fall liefert der LR-Test ein signifikantes Ergebnis und zeigt an, dass das inkludierte Set an erklärenden Variablen die Aussagekraft des Modells – im Vergleich zu einem Modell, das nur die Konstante beinhaltet – signifikant erhöht (LR-Statistik=131,8, p-Wert=0,000). Darüber hinaus zeigt ein Vergleich des tatsächlich beobachteten Passivhausbesitzes (tatsächliches Verhältnis zwischen  $y=1$  und  $y=0$ ) mit den durch das Modell prognostizierten Ergebnissen (generierte „fitted values“), dass 88,3 % der Beobachtungen korrekt durch das Modell vorhergesagt werden können [39], alles Ergebnisse, die auf eine hohe Güte des geschätzten Modells hinweisen.

## 7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Energieinnovationen zielen auf die effizientere Nutzung der natürlichen Ressource Energie ab und können einen wichtigen Beitrag für den Transformationsprozess hin zu einer ressourcenschonenden und emissionsarmen Wirtschaft, dem Kernelement der Wachstumsstrategie „Europa 2020“, leisten. Dem Gebäudebereich kommt bei der Steigerung der Energieeffizienz, die auch zentraler Bestandteil des Klima- und Energiepaketes der Europäischen Union (EU) ist, eine wichtige Rolle zu, da rund 40 % des Energieverbrauchs und 36 % der Treibhausgasemissionen in der EU in Gebäuden wie etwa Wohnhäusern oder öffentlichen Gebäuden anfallen. Im privaten Gebäudebereich bestehen somit erhebliche Energieeinsparpotenziale. Ein Lösungsansatz zur Ausschöpfung dieser Energieeffizienzpotenziale ist die Forcierung von Neubauten in Passivhausbauweise. Auf Basis einer umfassenden empirischen Studie unter Passivhaus- und Eigenheimbesitzer/innen sowie Eigenheimplaner/innen wurde versucht, jene Faktoren und Bedingungen zu identifizieren und quantifizieren, welche die Verbreitung bzw. Diffusion von Passivhäusern in Österreich begünstigen oder behindern.

Unter den befragten Passivhausbesitzer/innen zeigt sich grundsätzlich eine sehr hohe Zufriedenheit. Dieses Ergebnis hängt auch positiv mit der Weiterempfehlung an Dritte zusammen, was darauf hindeutet, dass das soziale Umfeld bei der Verbreitung von Passivhäusern eine wesentliche Rolle spielt. Fast zwei Drittel der Passivhausbesitzer/innen haben in ihrem sozialen Umkreis Personen, die ebenfalls ein Passivhaus besitzen. Auch zählt das soziale Umfeld zu den wesentlichen Kanälen, über die Informationen über die Technologie verbreitet werden. Hauptfaktoren für den Besitz eines Passivhauses sind neben dem hohen Wohnkomfort, den niedrigen Energiekosten sowie der Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und

schwankenden Energiepreisen auch der Beitrag zum Umweltschutz und die verringerte Lärm- und Schadstoffbelästigung. Wesentliche Nachteile eines Passivhauses sind die hohen Errichtungskosten, die fehlenden oder zu geringen Förderungen durch die öffentliche Hand als auch die komplizierten Förderrichtlinien. Als Hauptgründe für den Nicht-Besitz bzw. die fehlende Kaufbereitschaft potenzieller Nutzer/innen der Passivhaustechnologie (Eigenheimplaner/innen) konnten technologiebezogene Faktoren wie die Einschränkung der persönlichen Handlungsautonomie, die hohen Errichtungskosten als auch das optische Erscheinungsbild identifiziert werden.

Quantifiziert wurden die Determinanten für die Verbreitung von Passivhäusern mit Hilfe eines ökonometrischen Modells (*Logit* Modell), das neben sozio-ökonomischen Charakteristika wie Alter, Kinder, Bildungsniveau, Einkommen und Struktur der Wohnumgebung auch individuelle Faktoren beinhaltet, welche die Neigung zu Energiesparen und Energieeffizienz sowie technologischen Neuerungen bzw. Innovationen beschreiben. Diese Faktoren können unter dem Begriff der unterstützenden Wertestruktur subsumiert werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Verfügbarkeit von finanziellen Ressourcen (hohes Einkommen), das Vorhandensein von Kindern sowie das Bildungsniveau positiv auf den Besitz von Passivhäusern wirken. Darüber hinaus diffundieren Passivhäuser verstärkt in ländlichen Gebieten. Einen wesentlichen Einflussfaktor stellt das Bedürfnis nach Energieautarkie dar, welches die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Passivhauses um das Fünffache erhöht. Der Hang zu technologischen Neuerungen („Early-Adopter-Typ“) stellt eine weitere positive Determinante für den Besitz dar. Passivhausbesitzer/innen weisen zudem ein stark ausgeprägtes Umweltbewusstsein sowie ein hohes Interesse an Energiesparen und Energieeffizienz auf.

## Literatur

- [1] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2006): Beschluss Nr. 1639/2006/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Oktober 2006 zur Einrichtung eines Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (2007-2013). In: Amtsblatt der Europäischen Union, L310/15.
- [2] Europäische Kommission (2014): EUROPA 2020. Verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_de.htm). Download am 14.05.2014.
- [3] EIO – Eco-Innovation Observatory (2013): Europe in transition: Paving the way to a green economy through eco-innovation – Annual report 2012. Europäische Kommission, GD Umwelt: Brüssel.
- [4] Europäische Kommission (2008): 20 20 by 2020. Europe's climate change opportunity. COM (2008) 30 final: Brüssel.

- [5] EPR – Europäisches Parlament und Rat (2012): Richtlinie 2012/27/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG. Amtsblatt der Europäischen Union: Brüssel.
- [6] Europäische Kommission (2013): Report from the Commission to the European Parliament and the Council. Progress by Member States towards Nearly Zero-Energy Buildings. COM (2013) 483 final: Brüssel.
- [7] EPR – Europäisches Parlament und Rat (2010). Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). Amtsblatt der Europäischen Union: Brüssel.
- [8] Statistik Austria (2013): Energiebilanzen Österreich 1970-2012. Wien.
- [9] Statistik Austria (2013): Nutzenergieanalyse für Österreich 1993-2013. Wien.
- [10] Statistik Austria (2011): Vergleich mit den Ergebnissen der Konsumerhebung 2004/05- Haushaltsausgaben. Wien.
- [11] Statistik Austria (2008-2014): Jahresdurchschnittspreise und -steuern für die wichtigsten Energieträger 2003-2013 (in EUR). Wien.
- [12] Plate, M., Moser, W. und Elvin, G. (2010): Marktpotenzial und Bekanntheitsgrad des Passivhauses in Österreich. Berichte aus Energie und Umweltforschung 11/2010. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Wien.
- [13] EIO – Eco-Innovation Observatory (2011): Introducing eco-innovation: from incremental changes to systematic transformations. Europäische Kommission, GD Umwelt: Brüssel.
- [14] hausbaumagazin.at (2014): Das Passivhaus – Vorteile, Nachteile und Kosten von Passivhäusern. Verfügbar unter <http://www.hausbaumagazin.at/das-passivhaus-vorteile-nachteile-und-kosten-von-passivhaeusern/>. Download am 29.04.2014.
- [15] IGPassivhaus.at (2014): Was ist ein Passivhaus? Verfügbar unter <http://www.igpassivhaus.at/passivhaus/was-ist-ein-passivhaus/>. Download am 22.04.2014.
- [16] energiesparhaus.at (2014): Energiekennzahl. Verfügbar unter <http://www.energiesparhaus.at/energieausweis/richtwerte.htm>. Download am 29.04.2014.
- [17] IGPassivhaus.at (2014): Häufige Fragen zum Passivhaus – FAQs. Verfügbar unter [http://www.igpassivhaus.at/fileadmin/media/ig\\_ost/pdf/FAQs\\_Haeufige\\_Fragen\\_zum\\_Passivhaus.pdf](http://www.igpassivhaus.at/fileadmin/media/ig_ost/pdf/FAQs_Haeufige_Fragen_zum_Passivhaus.pdf). Download am 22.04.2014.

- [18] IGPassivhaus.at (2014): Umwelt. Verfügbar unter <http://www.igpassivhaus.at/passivhaus/passivhaus-qualitaeten/umwelt/>. Download am 30.04.2014.
- [19] Sonnenplatz (2006): Entwicklungsanalyse Passivhäuser in Österreich. Sonnenplatz Großschönau GmbH: Großschönau.
- [20] Lang, G. (2010): 1000 Passivhäuser in Österreich, Passivhaus Objektdatenbank: Interaktives Dokumentations-Netzwerk Passivhaus. 3. Dokumentationsperiode 2006-2009. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 85/2010. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Wien.
- [21] Kline, S.J. und Rosenberg, N. (1986): An overview of innovation. In: Landau, R. und Rosenberg, N. (Hrsg.): *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. National Academy Press: Washington D.C.
- [22] Stehr, N. (2015): Der zündende Funke – Innovationen fördern als Weg zu sauberer und bezahlbarer Energie für alle. Springer: Wiesbaden.
- [23] Stoneman, P. (1987): *The Economic Analysis of Technology Policy*. University Press: Oxford.
- [24] Geroski, P. (2000): Models of Technology Diffusion. In: *Research Policy* 29 (2000), S. 603-625.
- [25] Hall, B. (2005): Innovation and Diffusion. In: Fagerberg, J. und Mowery, D.C. (Hrsg): *The Oxford Handbook of Innovation*. University Press: Oxford, S. 459-484.
- [26] Bass, F.M. (1969): A New Product Growth Model for Consumer Durables. In: *Management Science* 15 (1969), S. 215-227.
- [27] Rogers, E.M. (2003): *Diffusion of Innovations*. 5. Auflage. Free Press: New York.
- [28] Statistik Austria (2014): Jahresdurchschnittsbevölkerung seit 2002 nach fünfjährigen Altersgruppen und Geschlecht. Wien.
- [29] Statistik Austria (2014): Jahresdurchschnittsbevölkerung 2013 nach Alter und Bundesland – Insgesamt. Wien.
- [30] Evans, J.R. und Mathur, A. (2005): The value of online surveys. In: *Internet Research* 15 (2), S. 195-219.

- [31] Statistik Austria (2014): Bildung in Zahlen 2012/13. Tabellenband. Wien.
- [32] Statistik Austria (2014): Statistisches Jahrbuch 2015. Wien.
- [33] Fabrizio, K. und Hawn, O. (2013): Enabling diffusion: How complementary inputs moderate the response to environmental policy. In: *Research Policy* 42 (2013), S. 1099-1111.
- [34] Wooldridge, J.M. (2000): *Introductory Econometrics. A Modern Approach*. South Western College Publishing.
- [35] Kohler, U. und Kreuter, F. (2006): *Datenanalyse mit Stata*. Oldenburg: München.
- [36] Long, S.J. (1997): *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. 1. Auflage. Sage Publications: London.
- [37] Dimitropoulos, A. und Kontolean, A. (2009): Assessing the determinants of local acceptability of windfarm investment: A choice experiment in the Greek Aegean Islands. In: *Energy Policy* 37 (2009), S. 1842-1854.
- [38] Bergmann, A., Hanley, N. und Wright, R. (2004): Valuing the Attributes of Renewable Energy Investments. Applied Environmental Economics Conference 2004, University: Glasgow.
- [39] Fawcett, T. (2003): ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Data Mining Researchers. In: HP Labs Tech Report. Paolo Alto.



**Anhang**

<i>Variable</i>	<i>Codierung</i>	<i>Relative Häufigkeit/ Mittelwert</i>
Alter	Metrisch skalierte Variable	$\bar{x} = 45,1$ Jahre
Kinder	1 = Ja 0 = Nein	1 = 63,2 % 0 = 38,8 %
Haushaltseinkommen	Metrisch skalierte Variable	$\bar{x} = € 2.863,0$
Bildungsniveau	1 = Unter Maturaniveau 2 = Matura 3 = Tertiäre Ausbildung	1 = 34,7 % 2 = 26,3 % 3 = 39,0 %
Ruralität	1 = Wohnsitz $\leq 10.000$ EW 0 = Wohnsitz $> 10.000$ EW	1 = 54,7 % 0 = 45,3 %
Energieautarkie	1 = Unabhängige Energieversorgung wichtig 0 = Andere Eigenschaften wichtig	1 = 21,1 % 0 = 78,9 %
Energiesparinteresse	1 = Hohes Interesse und Wissen zu Energie- sparen und Energieeffizienz 0 = Andersherum	1 = 51,6 % 0 = 48,4 %
Early Adopter	1 = Immer eine(r) der Ersten, die Neues er- proben und Spaß daran neue Technologien zu erproben 0 = Andersherum	1 = 55,4 % 0 = 44,6 %
Ökostrombezug	1 = Bewusste(r) Ökostrombezieher/in 0 = Kein(e) Ökostrombezieher/in	1 = 45,3 % 0 = 54,7 %

Tabelle A1: Codierung und deskriptive Statistiken der im Modell verwendeten Variablen