



**Toolbasierte Analyse des deutschen Gebäudesektors im Hinblick
auf die Erreichung der Klimaziele bis 2050:
Chancen, Herausforderungen und Maßnahmen für
Gebäudebesitzende**

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für
Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der
Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Jason Göhrich



Prüfer:

Prof. Dr. Michael H. Breitner

Betreuer:

Prof. Dr. Michael H. Breitner

M. Sc. Sarah Eckhoff

Hannover, den 18. Oktober 2022

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	IV
1. Einleitung.....	1
2. Grundlagen und Zielsetzung.....	3
2.1 Der Klimaschutzplan 2050	3
2.1.1 Stand 2016	3
2.1.2 Stand 2022	4
2.2 Klimaneutraler Gebäudebestand	6
2.2.1 Abgrenzung Gebäudesektor.....	6
2.2.2 Das Gebäudeenergiegesetz	7
2.3 Energiesystems simulations-Tool NESSI	8
3. Analyse des deutschen Gebäudebestands.....	15
3.1 Allgemeiner Gebäude- und Wohnungsbestand.....	15
3.2 Haushaltstypen	17
3.3 Gebäudetypologie.....	19
3.4 Repräsentative Gebäudetypen für Deutschland.....	23
4. Chancen, Herausforderungen und Maßnahmen für Gebäudebesitzende	24
4.1 Energiesystems simulation von Einfamilienhäusern	24
4.1.1 EFH_1 Heizkessel und Stromnetzanschluss.....	25
4.1.2 EFH_2 Sanierung der Fassadendämmung.....	30
4.1.3 EFH_3 & EFH_4 Solarthermieanlage	32
4.1.4 EFH_5, 6 & 7 PV und verschiedene Wärmequellen	35
4.2 Energiesystems simulation von Mehrfamilienhäusern	43
4.2.1 MFH_1 Heizkessel und Stromnetzanschluss.....	43
4.2.2 MFH_2 Sanierung der Fassadendämmung.....	45
4.2.3 MFH_3 Photovoltaik und Wärmepumpe.....	47

4.2.4 MFH 4 Photovoltaik und Fernwärme	49
4.2.5 MFH_5 Wärmenetzsystem 4.0	51
4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	53
5. Limitationen und weiterführende Forschung.....	56
5.1 Limitationen	56
5.2 Weiterführende Forschung	57
6. Fazit	58
Quellenverzeichnis	60
Anhang	66
Ehrenwörtliche Erklärung	71

1. Einleitung

Der Klimawandel schreitet immer weiter voran und wird ohne entsprechende Gegenmaßnahmen kein Ende finden. Um dem entgegenzuwirken, verabschiedete die Bundesregierung im November 2016 den Klimaschutzplan 2050. Das grundlegende Ziel des Vorhabens ist die Klimaneutralisierung Deutschlands. Für die Umsetzung wurden fünf Sektoren mit spezifischen, teilweise jedoch unpräzise formulierten Zielen definiert. Einer der wichtigsten Sektoren stellt dabei der Gebäudesektor dar. Aufgrund der Langlebigkeit von Gebäuden besteht in diesem Sektor besonders frühzeitiger Handlungsbedarf sowohl für neue als auch für Bestandsgebäude. So sollen für den Neubau schrittweise angepasste Neubaustandards und für den Bestand effiziente Sanierungsstrategien entwickelt werden [11].

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Analyse des Wohngebäudebestands und den Möglichkeiten, diesen im Hinblick auf das Jahr 2050 energetisch zu optimieren. Vor allem die Dämmung und die Art der Heizung dieser Gebäude bietet hinsichtlich der aktuellen Gaskrise in Deutschland großes Verbesserungspotenzial. So wird bis heute ein Großteil aller Haushalte mit konventionellen Energien wie Öl und Gas geheizt, was neben der hohen Emissionsbelastung auch hohe Kosten verursacht. Eine bessere Alternative stellt hier zum Beispiel dezentral erzeugte Wärme aus Wärmepumpen oder Solarthermie dar. Auch die Art der Dämmung eines Gebäudes kann großen Einfluss auf dessen gesamten Energiebedarf haben. So kann der spezifische Raumwärmebedarf von besonders alten Häusern oft das Vierfache oder mehr von Neubauten mit neuen Energiestandards betragen.

Besonders im Hinblick auf die novellierten Klimaziele besteht auch großer Handlungsbedarf hinsichtlich der Stromversorgung von Gebäuden. Wird beispielsweise mehr Strom dezentral mit PV-Anlagen erzeugt, kann der nicht regenerative Anteil vom Stromnetz drastisch gesenkt werden.

Mit dem Ziel, die Klimaziele im Gebäudesektor möglichst schnell und kostengünstig zu erreichen, stellen sich im Rahmen dieser Arbeit folgende Forschungsfragen:

- 1. Welche Chancen, Herausforderungen und Maßnahmen für Gebäudebesitzende zur Erreichung der Klimaziele 2050 lassen sich aus einer toolbasierten Analyse von repräsentativen deutschen Gebäudetypen ableiten?*
- 2. Wie kann das Energiesystemsimulations-Tool NESSI Gebäudebesitzende bei den identifizierten Herausforderungen zusätzlich unterstützen?*

Die dafür notwendigen, gesetzlichen Grundlagen und Zielsetzungen werden im zweiten Kapitel erläutert. Zusätzlich werden die für die Energiesystemsimulation relevanten Komponenten grob erklärt. In Kapitel 3 folgt die Analyse und Auswertung des deutschen Gebäudebestands mittels verschiedener Statistiken des Statistischen Bundesamts und anderen aussagekräftigen Institutionen. Aus den Ergebnissen der Auswertung werden jeweils ein repräsentatives Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus inklusive ihrer Energiesysteme bestimmt, die als Grundlage für die Simulationen in Kapitel 4 dienen werden. Diese werden mit dem Energiesystemsimulations-Tool NESSI erstellt. Im ersten Schritt werden die repräsentativen Wohngebäude mit ihren bestehenden Energiesystemkomponenten auf ökologischer und ökonomischer Ebene bis zum Jahr 2042 simuliert. Im folgenden Schritt werden diese Gebäude nun mit verschiedenen Energiesystemen verglichen.

Aus dem Vergleich der Simulationsergebnisse resultieren dann Chancen, Herausforderungen und Maßnahmen, die Gebäudebesitzende nutzen können, um einen Beitrag zur Energiewende leisten zu können.

Basierend auf den repräsentativen Beispielgebäuden werden abschließend Vorlagen für NESSI erstellt, die Nutzerinnen und Nutzern helfen sollen, auch ohne Vorkenntnisse Simulationsszenarien erstellen zu können. Im fünften Kapitel werden Limitationen und Entwicklungsvorschläge bezüglich NESSI erläutert, woraufhin in Kapitel 6 das Fazit der Arbeit folgt.

Diese Arbeit beschäftigt sich somit mit der grundlegenden Frage, wie sich eine energetische Sanierung von Wohngebäuden auf die Umweltbelastung dieses Sektors auswirken kann. Dabei sollen neben der Senkung des Energiebedarfs vor allem Möglichkeiten zur Reduzierung von Treibhausgasen in Abhängigkeit der dabei entstehenden Kosten verglichen werden. Ziel ist es, mit den hier erlangten Ergebnissen die Weiterentwicklung des Energiesystemsimulations-Tools NESSI zu fördern, um Gebäudebesitzende zukünftig stärker bei Investitionsentscheidungen unterstützen zu können.

6. Fazit

Die hier vorliegende Arbeit hat aufgezeigt, dass der Gebäudesektor eine bedeutende Rolle im Klimaschutzplan der Bundesregierung bezüglich des Emissionsreduktionsziels einnimmt.

Ziel dieser Arbeit war es, Chancen, Herausforderungen und Maßnahmen zu ermitteln und zu definieren, die Gebäudebesitzenden helfen sollen aktiv bei der Erfüllung der Sektorziele einen Beitrag zu leisten. Dabei sollte zusätzlich die Frage geklärt werden, wie das Energiesystem-simulations-Tool NESSI diese bei den identifizierten Herausforderungen unterstützen kann.

Das zweite Kapitel wurde genutzt um zuerst die Klimaschutzziele bis 2050 und die daraus folgenden gesetzlichen Grundlagen zu erläutern. Des Weiteren wurden in diesem Kapitel die Vorschriften und Bedingungen definiert unter welchen die Ziele erreicht werden sollen. Außerdem wurde der oberflächliche Aufbau von NESSI und die hier in der Arbeit relevanten Energiesystemkomponenten grob erklärt. In Kapitel 3 folgte die Analyse des deutschen Gebäudebestands. Anhand der Auswertung von Gebäude- und Haushaltstechnischer Daten wurden für Deutschland repräsentative Beispielgebäude erstellt, die als Grundlage für die im vierten Kapitel erstellten Simulationen dienten.

Um auf die eingangs aufgestellten Fragen zurückzukommen, lässt sich nun mit Hilfe der Arbeit sagen, dass sich ein großer Teil der im Gebäudesektor entstehenden THG-Emissionen durch die Einbindung erneuerbarer Energien in Bestandsgebäude eliminieren lässt. Besonders dezentral erzeugte Energie aus Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen haben auf Basis der Ergebnisse dieser Arbeit große Einsparpotenziale sowohl auf ökologischer als auch auf ökonomischer Ebene gezeigt. Aber auch zentral erzeugte Energie des konzeptionellen Wärmenetzsystems 4.0 kann vor allem aus ökologischer Sicht von sich überzeugen. Gerade in Krisenzeiten wie im Jahr 2022 schafft die Abwendung von konventionellen Energien langfristige finanzielle Sicherheit. Doch anstatt einer ausschließlichen Umstellung auf neue Energiequellen muss besonders im Altbau großer Wert auf die Senkung des Energieverbrauchs plädiert werden. Mithilfe von Sanierungen der Außenwanddämmung können Preis-Leistungstechnisch günstig große Einsparungen in diesem Bereich verzeichnet werden, was als erster Schritt jeder energetischen Sanierung in Betracht gezogen werden sollte. NESSI kann Gebäudebesitzenden im Voraus bei der Einschätzung von Kosten und Emissionseinsparungen unterstützen, da dies ohne ein solches Energiesystemsimulations-Tool besonders aufwändig ist und ohne Expertenunterstützung nahezu unmöglich wäre.

Die dabei entstehenden Herausforderungen liegen eher auf gesamtwirtschaftlicher und staatlicher Ebene. Neben einer konstanten Verfügbarkeit von Energiesystemkomponenten setzen die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse auch die Beständigkeit der staatlichen Fördermittel vor-

aus. Hinsichtlich des hohen Einsparungspotenzials des Gebäudesektors müsste die Bundesregierung also einen größeren Fokus auf die finanzielle Unterstützung privater Gebäudebesitzer legen. Beispielsweise könnte die Relevanz von Energieausweisen gefördert werden, indem die Verwendung von erneuerbaren Energien zusätzliche steuerliche Einsparungen gewährt. Andererseits müssen Gebäudebesitzer auch auf die dabei entstehenden Möglichkeiten der Kosteneinsparung aufmerksam gemacht werden, da diese meist aus finanziellem Eigeninteresse handeln und ihnen die möglichen Einsparungspotenziale gar nicht erst bewusst sind.

So könnte NESSI zukünftig mit den in Kapitel 5 formulierten Verbesserungsvorschlägen Gebäudebesitzer motivieren, in eine energetische Sanierung zu investieren. Beispielsweise könnten Vorlagen erstellt werden, die in Kombination mit den Basisdaten der Gebäude realistische Kosten- und Emissionseinsparungen ersichtlich machen. Zusammenfassend muss NESSI den Nutzern im besten Fall so viel Arbeit wie möglich ersparen, denn bei der Bearbeitung dieser Arbeit ist vor allem die Komplexität und teilweise schwere Zugänglichkeit bestimmter Eingabewerte aufgefallen. Hierfür sollen vorerst die hier ermittelten und die hier nicht berücksichtigten Eingabewerte für ein BHKW als Vorlagen dienen, welche sowohl im Anhang als auch in einer externen Excel-Datei hinterlegt sind. Die Einbettung der hier verwendeten Vorlagen ist teilweise jedoch fraglich. Besonders die Dynamik der aktuellen Preislage und der stetig wachsende technische Fortschritt lassen darauf schließen, dass die recherchierten Daten nur eine kurzfristige Lösung darstellen. Des Weiteren beruhen einige Eingabewerte auf Annahmen und sind für ein bestimmtes Gebäude ausgewählt und nicht auf andere Beispiele übertragbar. Um diesem Problem aus dem Weg zu gehen, könnten neben dem in Kapitel 5 formulierten Vorschlag von dynamischen Preisangaben die im Anhang befindlichen Vorlagen regelmäßig aktualisiert werden, damit NESSI Gebäudebesitzer in erster Linie zukunftsorientiert unterstützen kann.