

**Universität für Wirtschaftsstudien Bukarest**



**Doktoratsschule Betriebswirtschaftslehre**

# **PhD THESIS**

Präsentiert und öffentlich verteidigt durch den Autor:

**KURTH Bastian Lorenz**

Titel der PhD Thesis:

**FORSCHUNG ZU ENERGIEEFFIZIENZ UND INTEGRIERTEN  
MANAGEMENTSYSTEMEN FÜR UMWELT UND ENERGIE IM  
KONTEXT DER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG**

**Wissenschaftliche Betreuerin: Prof. Univ. Dr. Marieta OLARU**

Prüfungskommission der PhD Thesis:

Prof. Univ. Dr. Gabriela Țigu (president)	- Academia de Studii Economice din București
Prof. Univ. Dr. Mihaela Drăgan (referent)	- Universitatea Babeș-Boylai din Cluj-Napoca
Conf. Univ. Dr. Diana Pitic (referent)	- Universitatea Babeș-Boylai din Cluj-Napoca
Prof. Univ. Dr. Corina Pelău (referent)	- Academia de Studii Economice din București
Prof. Univ. Dr. Marieta Olaru (scientific supervisor)	- Academia de Studii Economice din București

Bukarest, Juli 2024

## **a) Inhaltsverzeichnis:**

Inhaltsverzeichnis	VII
Table of Contents English	X
Abkürzungsverzeichnis	XIII
Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XVIII

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
-------------------	----------

### **PART I: AKTUELLER WISSENSSTAND IM FORSCHUNGSGEBIET**

<b>1. AKTUELLE TRENDS IN DER GLOBALEN ENERGIEWENDE IM KONTEXT DER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Neue Technologien und nachhaltige Innovationen im Energiebereich</b>	<b>8</b>
1.1.1. Aktuelle Anwendungsmöglichkeiten bei erneuerbaren Technologien im Energiebereich	8
1.1.2. Speichertechnologien und Innovative Energieerzeugung	17
<b>1.2. Digitalisierung und Künstliche Intelligenz im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Entwicklung im Energiebereich</b>	<b>23</b>
<b>1.3. Grundsätze und Risiken des neuen Konzeptes „Energy 4.0“ im Kontext der nachhaltigen Entwicklung</b>	<b>30</b>
<b>2. ANSÄTZE ZUR ENERGIEEFFIZIENZ IN DER EUROPÄISCHEN UNION UND IN DEUTSCHLAND</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Grundsätze der Energieeffizienz und aktuelle Trends im Energiebereich</b>	<b>34</b>
2.1.1. Die Energieeffizienz als ein multidimensionales Konstrukt	34
2.1.2. Steigerung der Energieeffizienz und zukünftige Entwicklungen	37
<b>2.2. Bedeutung der Energieeffizienz für die Energiewende</b>	<b>40</b>
2.2.1. Ökonomische und soziale Aspekte der Energiewende und der Energieeffizienz	40
2.2.2. Technologischer Fortschritt innerhalb der Energiewende und internationale Zusammenarbeit für Energieeffizienz	44
<b>2.3. Mechanismus und Wirkungsbereich von EU-Richtlinien im Energiebereich</b>	<b>47</b>
<b>2.4. Die nationale Strategie in Deutschland zur Energieeffizienz</b>	<b>55</b>
<b>3. GRUNDSÄTZE DER INTEGRIERTEN MANagementsYSTEME IM KONTEXT DER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG</b>	<b>66</b>
<b>3.1. Energiemanagementsystem gemäß internationaler Normen</b>	<b>66</b>

3.1.1. Spezifische Schritte zur Steigerung der Energieeffizienz für die Phase des Plan-Do-Check-Act Zyklus	66
3.1.2. Einführung eines Energiemanagementsystems gemäß ISO 50001 und seine Implikationen	67
3.1.3. Entwicklung der weltweiten Anzahl aktiver ISO 50001 Zertifikate	69
<b>3.2. Umweltmanagementsystem gemäß internationaler Normen</b>	<b>73</b>
3.2.1. Die Rolle eines strukturierten und zertifizierten Umweltmanagementsystems im Kontext der nachhaltigen Entwicklung	73
3.2.2. Die Zertifizierung nach ISO 14001	76
3.2.3. Wichtige Faktoren für die Implementierung eines Umweltmanagementsystems gemäß ISO 14001	79
<b>3.3. Integration von Energiemanagementsystemen in andere Managementsysteme</b>	<b>82</b>

## **PART II: PERSÖNLICHE BEITRÄGE UND STUDIEN**

<b>4. ANALYSE DER RAHMENBEDINGUNGEN UND ANSÄTZE IM BEREICH DER ENERGIEEFFIZIENZ IN UNTERNEHMEN IN DEUTSCHLAND</b>	<b>90</b>
<b>4.1. Analyse der Bereitschaft öffentlicher Unternehmen zu Energieaudits in Deutschland</b>	<b>90</b>
4.1.1. Kontext der Analyse und Forschungsrahmen	90
4.1.2. Ziele und Forschungsmethode	93
4.1.3. Identifizierte Unternehmen mit einer öffentlichen Beteiligung in Nordrhein-Westfalen	95
4.1.4. Ergebnisse der Analyse zur Bereitschaft öffentlicher Unternehmen zu Energieaudits in Deutschland	96
<b>4.2. Studie zur Energieeffizienz in kleinen und mittelständigen Unternehmen in Deutschland</b>	<b>100</b>
4.2.1. Kontext der Analyse und Forschungsrahmen	100
4.2.2. Ziele und Forschungsmethode	103
4.2.3. Identifizierte Anzahl von Energieaudits in kleinen und mittelständischen Unternehmen nach Wirtschaftsregion und -sektor in Deutschland	104
4.2.4. Ergebnisse der Analyse zur Energieeffizienz in kleinen und mittelständischen Unternehmen in Deutschland	107
<b>5. VORSCHLÄGE FÜR DIE VERBESSERUNG DER BEWERTUNGSKRITERIEN FÜR ENERGIEEFFIZIENZ IM KONTEXT DER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG IN UNTERNEHMEN</b>	<b>113</b>
<b>5.1. Studie zur digitalen Transformation und selbstverwalteten Teamstrukturen und deren Effekte auf die Energieeffizienz in Unternehmen</b>	<b>113</b>

5.1.1. Kontext der Analyse und Forschungsrahmen	113
5.1.2. Ziele und Forschungsmethode	120
5.1.3. Ergebnisse der Studie zur digitalen Transformation und selbstverwalteten Teamstrukturen und deren Effekte auf die Energieeffizienz in Unternehmen	120
<b>5.2. Analyse der Anwendungsmöglichkeiten multidimensionaler Bewertungskriterien des Personals im Verhältnis zu Energieeffizienz in Unternehmen</b>	<b>126</b>
5.2.1. Kontext der Analyse und Forschungsrahmen	126
5.2.2. Ziele und Forschungsmethode	131
5.2.3. Ergebnisse der Analyse zu den Anwendungsmöglichkeiten multidimensionaler Bewertungskriterien des Personals im Verhältnis zu Energieeffizienz in Unternehmen	132
<b>5.3. Identifizierung der Bewertungskriterien für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen</b>	<b>139</b>
5.3.1. Kontext der Analyse und Forschungsrahmen	139
5.3.2. Ziele und Forschungsmethode	141
5.3.3. Ergebnisse der Studie zu den Bewertungskriterien für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen	142
<b>6. BEWERTUNG DER AUSWIRKUNGEN EINES INTEGRIERTEN MANAGEMENTSYSTEMS FÜR UMWELT UND ENERGIE AUF INDIKATOREN ZUR ENERGIEEFFIZIENZ IN UNTERNEHMEN</b>	<b>152</b>
<b>6.1. Auswirkungen eines Integrierten Managementsystems für Umwelt und Energie auf Indikatoren zur Energieeffizienz in Unternehmen</b>	<b>152</b>
<b>6.2. Bewertung der Auswirkungen eines Integrierten Managementsystems für Umwelt und Energie auf Indikatoren zur Energieeffizienz in analysierten Unternehmen</b>	<b>159</b>
6.2.1. Kontext der Forschung, Ziel und Forschungsmethode	159
6.2.2. Ergebnisse der Audits von Integrierten Managementsystemen für Umwelt und Energie auf Indikatoren zur Energieeffizienz in analysierten Unternehmen	162
6.2.3. Bewertung der Auswirkungen von Nichtkonformitäten auf Indikatoren zur Energieeffizienz	170
6.2.4. Hemmnisse und Vorschläge für die Verbesserung der Auswirkungen eines Integrierten Managementsystems Umwelt-Energie auf Indikatoren zur Energieeffizienz	173
Schlussfolgerungen	191
Literaturverzeichnis	203
Anhänge	246

## **b) Schlüsselwörter:**

Integrierte Managementsysteme für Umwelt und Energie, Energieeffizienz, Umweltmanagementsystem, Energiemanagementsystem, nachhaltige Entwicklung, Audits von Managementsystemen, Digitale Transformation, Energieeffizienzindikatoren

## **c) Zusammenfassung:**

Diese Doktorarbeit erweitert das Verständnis für innovative Technologien, fortschrittliche Managementpraktiken und die Implementierung integrierter Managementsysteme für Umwelt und Energie in Organisationen. Sie bewertet die Auswirkungen dieser Systeme auf die Energieeffizienz und deren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Die Analyse der globalen Energiewende konzentriert sich auf neue Technologien und nachhaltige Innovationen, untersucht die Rolle der Digitalisierung und künstlichen Intelligenz und analysiert die Prinzipien sowie Risiken des Konzepts „Energy 4.0“. Die Forschung zeigt auf, wie technologische Neuerungen, politische Maßnahmen und soziale Dynamiken Synergien fördern, insbesondere hinsichtlich der Rolle erneuerbarer Energien bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Zudem wird dargelegt, dass Digitalisierung und künstliche Intelligenz durch verbesserte Analysefähigkeiten und Entscheidungsprozesse wesentlich zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen können. Das Konzept „Energy 4.0“, gekennzeichnet durch den intensiven Einsatz digitaler Technologien, trägt maßgeblich zur nachhaltigen Umgestaltung der Energieinfrastruktur bei.

Gesetzliche Rahmenbedingungen und nationale Strategien spielen eine entscheidende Rolle dabei, den Energieverbrauch zu minimieren und nachhaltige Entwicklungen zu fördern. Energieeffizienz senkt langfristig Betriebskosten, fördert ein energiebewusstes Verhalten und leistet einen erheblichen Beitrag zum Umweltschutz. Die multidimensionale Natur der Energieeffizienz, die mit Nachhaltigkeit, ökonomischer Stabilität und sozialer Verantwortung verknüpft ist, wird durch technische, wirtschaftliche und soziale Faktoren betont. Innovationen in der Gebäudetechnik, Industrie und Mobilität sind entscheidend für bedeutende Energieeinsparungen und unterstützen den Übergang zu erneuerbaren Energien, wobei sie zugleich ökonomische Vorteile durch reduzierte Betriebskosten bieten. Die Energiewende repräsentiert einen umfassenden Wandel, in dem Energieeffizienz zentral ist, um den Energiebedarf und die Kohlenstoffemissionen zu reduzieren und ein nachhaltiges Energiesystem zu etablieren.

Die Forschung zu integrierten Managementsystemen betont die Bedeutung von Energiemanagementsystemen, insbesondere ISO 50001. Diese Systeme sind entscheidend für die Erzeugung ökonomischer und ökologischer Vorteile und unterstützen die nachhaltige

Verbesserung der Energieeffizienz. Die wachsende Zahl von ISO 50001 Zertifikaten weltweit verdeutlicht deren globale Akzeptanz und Effektivität bei der Förderung nachhaltiger Entwicklungen. Parallel dazu konzentriert sich die Analyse auf Umweltmanagementsysteme gemäß ISO 14001, welche eine kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung von Unternehmen ermöglichen. Die systematische Verbesserung und die steigende Zahl der Zertifizierungen unterstreichen die globale Bedeutung dieser Bemühungen. Die Integration von Energiemanagementsystemen in andere Managementsysteme wird als strategisch wichtiger Ansatz betrachtet, um Synergien zu nutzen und die organisatorische Effizienz zu erhöhen. Dieser Ansatz fördert eine ganzheitliche Verbesserung der Umwelt- und Energieleistung im Kontext nachhaltiger Entwicklung. Insgesamt unterstreicht die Forschung die entscheidende Rolle integrierter Managementsysteme für eine effiziente und nachhaltige Unternehmensführung. Integrierte Managementsysteme für Umwelt und Energie tragen zur gesteigerten Betriebseffizienz bei, optimieren die Umwelt- und Energieperformance und unterstützen die Einhaltung regulatorischer Anforderungen, wodurch die Notwendigkeit weiterer Forschungen in diesem Bereich hervorgehoben wird.

Vor diesem Hintergrund liefert die Analyse der Rahmenbedingungen und Ansätze im Bereich der Energieeffizienz in deutschen Unternehmen wesentliche Erkenntnisse. Die Studie untersucht die Herausforderungen und Chancen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor, die zur Erreichung nationaler Energie- und Klimaziele beitragen. Besonders in Nordrhein-Westfalen verdeutlichen Untersuchungen zur Bereitschaft öffentlicher Unternehmen für Energieaudits erhebliche Diskrepanzen zwischen gesetzlichen Vorgaben und deren praktischer Umsetzung. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, regulatorische Rahmenbedingungen spezifisch anzupassen und Kommunikationsstrategien zu verbessern. Die Studie zur Energieeffizienz in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) in Deutschland zeigt, dass trotz eines hohen Bewusstseins und verfügbarer Förderprogramme die tatsächliche Umsetzung dieser Maßnahmen häufig hinter den Erwartungen zurückbleibt. Dies betont die Dringlichkeit gezielter politischer Unterstützung und Anpassung der Förderbedingungen, um die praktische Anwendung von Energieeffizienzinitiativen zu fördern. Zudem wird die Notwendigkeit hervorgehoben, politische Rahmenbedingungen zu überarbeiten, um effektive Anreize für Energieeffizienzmaßnahmen zu schaffen und so die Energieeffizienz in KMU wesentlich zu verbessern.

Die vorgeschlagenen Verbesserungen der Bewertungskriterien für Energieeffizienz im Kontext nachhaltiger Unternehmensentwicklung verdeutlichen, dass der Europäische Grüne Deal im Zuge der fortschreitenden digitalen Transformation und sich verändernder regulatorischer Anforderungen einen entscheidenden strategischen Rahmen bietet.

Untersuchungen zur digitalen Transformation und selbstverwalteten Teamstrukturen illustrieren, wie neue Technologien und Managementansätze die Energieeffizienz beeinflussen, indem sie die Etablierung effektiver Bewertungskriterien und die Anpassung von Personalmanagementstrategien fördern. Die Forschungsergebnisse unterstreichen, dass der Einsatz intelligenter Technologien und die Flexibilisierung der Arbeitsmodelle die operative Effizienz und Energieeinsparungen signifikant steigern. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit betont, Bewertungskriterien fortlaufend anzupassen und zu erweitern, um sowohl direkte als auch indirekte Effekte von Energieeffizienzmaßnahmen zu erfassen. Die Integration multidimensionaler Bewertungsansätze fördert nicht nur die Mitarbeitermotivation, sondern trägt auch substantiell zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Erreichung globaler Nachhaltigkeitsziele bei.

Die Studien zur Bewertung der Auswirkungen eines Integrierten Managementsystems für Umwelt und Energie (IMS Umwelt-Energie) auf Indikatoren zur Energieeffizienz in Unternehmen haben maßgeblich zum Verständnis der Auswirkungen dieser Systeme auf die Energieeffizienz beigetragen. Die Forschungsergebnisse verdeutlichen, dass IMS Umwelt-Energie die Zufriedenheit der Stakeholder erhöht und eine signifikante Verbesserung diverser energieeffizienzbezogener Indikatoren bewirkt. Die detaillierte Analyse dieser Indikatoren ermöglicht ein vertieftes Verständnis für die Funktion und den Nutzen der IMS Umwelt-Energie im Rahmen nachhaltiger Unternehmensführung. Die dokumentierten Erfolge umfassen die Reduktion des Energieverbrauchs, die Optimierung der Energieintensität, die Steigerung der Energieautarkie und die Erfüllung von Energiestandards.

Die Untersuchungen zu den Auswirkungen von Nichtkonformitäten auf die Energieeffizienzindikatoren zeigen, dass Abweichungen von den festgelegten Managementstandards signifikante negative Effekte haben können. Diese Erkenntnis unterstreicht die Notwendigkeit fortlaufender Kontrollen und regelmäßiger Audits zur Sicherstellung der Integrität des IMS Umwelt-Energie. Zudem hebt die Untersuchung der Herausforderungen und Lösungsansätze für die Verbesserung der Systemeffekte hervor, wie technologische, organisatorische und finanzielle Barrieren überwunden und Prozesse zur kontinuierlichen Steigerung der Energieeffizienz optimiert werden können.

Abschließend bestätigen die aus Management-Reviews und Auditdokumenten gesammelten Daten, dass Integrierte Managementsysteme für Umwelt und Energie wesentlich zur Erfüllung regulatorischer Anforderungen beitragen und messbare Vorteile wie reduzierte Energiekosten und verbesserte Energieeffizienzindikatoren mit sich bringen. Diese Systeme sind daher unverzichtbar für die Optimierung der Energieeffizienz und die Förderung der Nachhaltigkeitsziele in Unternehmen. Die kontinuierliche Anpassung und Verbesserung dieser

Managementsysteme wird als essentiell erachtet, um deren Effektivität zu maximieren und die Nachhaltigkeitsziele der Unternehmen umfassend zu unterstützen.