

INOLA-
Arbeitsbericht Nr. 8
Juli 2019

BEWERTUNG DER ENERGIEWENDE IM OBERLAND AUS ÖKONOMISCHER SICHT

WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE

Konrad Bierl, Anna Gille, Jana Lippelt, Ana Maria Montoya Gomez,
Marie-Theres von Schickfus, Dr. Markus Zimmer

Diese Studie wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) von 2014 bis 2019 geförderten Projekts INOLA (Innovationen für nachhaltiges Land- und Energiemanagement auf regionaler Ebene) erstellt. Für den Inhalt und die Ergebnisse der Studie sind die Autoren verantwortlich.

Autoren: Konrad Bierl, Anna Gille, Jana Lippelt, Ana Maria Montoya Gomez, Marie-Theres von Schickfus, Dr. Markus Zimmer
(ifo Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V., ifo Zentrum für Energie, Klima und Ressourcen)
© Juli 2019

Kontakt: Dr. Markus Zimmer
ifo Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V.
ifo Zentrum für Energie, Klima und Ressourcen
Poschingerstraße 5
81679 München
E-Mail: zimmer@ifo.de

Alle **INOLA-Arbeitsberichte** sind auf der Projektseite www.inola-region.de verfügbar.

Bereits veröffentlichte INOLA-Arbeitsberichte:

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1: Naturräumliche Gegebenheiten und räumliche Analyse der Energieanlagen in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 2: Regionale Analyse des Energiesystems in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3: Das naturräumliche und technische Potential für Erneuerbare Energien in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 4: Maßnahmenanalyse der Bürgerstiftung Energiewende Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 5: Akteure regionaler Energiewendeprozesse in der Modellregion Oberland. Rollen, Netzwerke, Potenziale

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 6: Akzeptanz der Energiewende im Oberland. Ergebnisse einer Passantenbefragung in ausgewählten Gemeinden der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 7: Szenarien, Zukunftswünsche, Vision. Ergebnisse der partizipativen Szenarienkonstruktion in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 8: Bewertung der Energiewende im Oberland aus ökonomischer Sicht

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 9: Sanierungsverhalten von Hauseigentümern in Bayern. Vom ersten Gedanken zur tatsächlichen Umsetzung: Ergebnisse einer Haushaltsbefragung.

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 10: Simulation regionaler Energiepfade im Oberland bis 2035/2045. Akteursentscheidungen, Energie- und Stoffströme sowie ökonomische Effekte.

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 11: Energiekompass für die Modellregion Oberland. Partizipativer multikriterieller Nachhaltigkeitsvergleich regionaler Energiepfade – Methodisches Vorgehen und Ergebnisse.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	X
1 Einleitung.....	1
2 Erkenntnisse aus vorangegangenen INOLA-Arbeiten	2
2.1 Möglichkeiten der Landnutzung.....	2
2.2 Ist-Analyse: Bestehende Anlagen zur Energieerzeugung.....	5
2.3 Potenzialanalyse:.....	8
2.3.1 Naturräumliche und technische Potenziale zur Energieerzeugung	8
2.3.2 Einsparpotenziale beim Energiebedarf	10
2.4 Soll-Erfassung: Visionen und Szenarien.....	11
3 Definitionen und Methodisches Vorgehen	13
3.1 Wertschöpfung und Vorleistungen	13
3.2 Einordnung der Bewertungsmethode.....	14
3.3 Vergleich der Analysen von Wertschöpfungskette gegenüber Input-Output-Analyse.....	15
3.4 Methodik zur Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte.....	16
3.4.1 Aufbau der Input-Output-Tabelle.....	16
3.4.2 Die Input-Output-Tabelle im Projekt INOLA.....	18
3.4.3 Die Input-Output-Analyse im Projekt INOLA.....	22
4 Bewertung des beschleunigten EE-Ausbaus	24
4.1 Betrachtete Technologien erneuerbarer Energien	24
4.2 Ausbaupfade Erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung	24
4.3 Kostenstrukturen der untersuchten Technologien.....	26
4.3.1 Onshore-Windkraftanlagen.....	27
4.3.2 Photovoltaik-Kleinanlagen	30
4.3.3 Photovoltaik-Großanlagen auf Dachflächen	34
4.3.4 Photovoltaik-Großanlagen auf Freiflächen	37
4.3.5 Solarthermie-Kleinanlagen	40
4.3.6 Solarthermie-Großanlagen.....	43
4.3.7 Biogasanlagen.....	46
4.3.8 Biomasseanlagen.....	50
4.3.9 Wärmepumpenanlagen.....	54
4.3.10 Geothermie-Anlagen für tiefere Erdschichten	57
4.3.11 Wasserkraftanlagen.....	60
4.4 Ergebnisse.....	64
5 Bewertung der Sanierungsmaßnahmen.....	69
5.1 Ausbaupfade Gebäudesanierung	69
5.2 Zuteilung der Sanierungskosten auf Wirtschaftszweige	70
5.3 Sanierungskosten und energetische Auswirkungen anhand zweier Beispielgebäude	72
5.4 Ergebnisse.....	81
6 Zusammenfassung und Ausblick	85
7 Literaturverzeichnis.....	88
8 Anhang.....	90

8.1	Einteilung der Wirtschaftszweige.....	90
-----	---------------------------------------	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Klassifizierte räumliche Verteilung der Landnutzung im INOLA-Untersuchungsgebiet .	3
Abbildung 2.2: Anteile und Entwicklung der ausgewiesenen Schutzgebietsflächen in der Region INOLA bis 2013.....	4
Abbildung 2.3: Flächenanteile der Landnutzung im INOLA-Untersuchungsgebiet.....	4
Abbildung 2.4: Darstellung des Anteils regenerativer Strom- (links) und Wärmeerzeugung (rechts) am gesamten derzeitigen Strom- bzw. Wärmeverbrauch der INOLA-Region	5
Abbildung 2.5: Anzahl der installierten Photovoltaikanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der INOLA-Region seit 1994 sowie Entwicklung der durchschnittlichen Anlagenvergütung seit Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2000	7
Abbildung 2.6: Stromverbrauch und Potenziale Erneuerbarer Energien für die Stromproduktion pro Jahr in der INOLA-Region im Vergleich zum derzeitigen und potenziellen Stromverbrauch im Jahr 2035.....	9
Abbildung 2.7: Wärmeverbrauch und Potenziale Erneuerbarer Energien für die Wärmeproduktion pro Jahr in der INOLA Region im Vergleich zum derzeitigen und potenziellen Wärmebedarf im Jahr 2035.....	10
Abbildung 2.8: INOLA-Szenarien im Überblick.....	11
Abbildung 3.1: Zusammensetzung der Wertschöpfung und der Vorleistungen als Kostenpositionen beim Betrieb einer Biomasseanlage.....	14
Abbildung 3.2: Darstellung einer Input-Output-Tabelle mit drei Wirtschaftszweigen	17
Abbildung 3.3: Abweichung vorhergesagte und reale Werte mit Fisher und Marshall Methode	22
Abbildung 3.4: Abweichung vorhergesagte und reale Werte mit INOLA Optimierung	23
Abbildung 4.1: Ausbaupfad Erneuerbare Energien 1.....	25
Abbildung 4.2: Ausbaupfad Erneuerbare Energien 2.....	26
Abbildung 4.3: Wirtschaftliche Effekte der bisherigen Energiewende auf Landkreisebene.....	65
Abbildung 4.4: Wirtschaftliche Effekte der bisherigen Energiewende auf Ebene der Wirtschaftsbereiche	65
Abbildung 4.5: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Landkreisebene (bei Änderung des Regionalplans).....	67
Abbildung 4.6: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Ebene der Wirtschaftsbereiche (bei Änderung des Regionalplans)	67
Abbildung 4.7: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Landkreisebene (ohne Änderung des Regionalplans).....	68
Abbildung 4.8: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Ebene der Wirtschaftsbereiche (ohne Änderung des Regionalplans).....	68
Abbildung 5.1: Darstellung der Kosten der Sanierung zur Erreichung verschiedener Nettoheizwärmeniveaus	80
Abbildung 5.2: Wirtschaftliche Effekte Gebäudesanierungen auf Landkreisebene bei Ausbaupfad 1	82
Abbildung 5.3: Wirtschaftliche Effekte der Gebäudesanierungen auf Ebene der Wirtschaftsbereiche bei Ausbaupfad 1.....	83
Abbildung 5.4: Wirtschaftliche Effekte der Gebäudesanierungen auf Landkreisebene bei Ausbaupfad 2.....	83
Abbildung 5.5: Wirtschaftliche Effekte Gebäudesanierungen auf Ebene der Wirtschaftsbereiche bei Ausbaupfad 2.....	84

Abbildung 6.1: Wirtschaftliche Effekte des Ausbaus Erneuerbarer Energien auf Landkreisebene	86
Abbildung 6.2: Wirtschaftliche Effekte der Gebäudesanierungen auf Landkreisebene	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtstromverbrauch 2013 der EEG-vergüteten Anlagen in der INOLA-Region im Vergleich mit Deutschland und Bayern	6
Tabelle 2.2: Installierte Nennleistung der bestehenden EE-Anlagen in der INOLA- nach Energieträgern	6
Tabelle 2.3: Einsparpotenziale für INOLA-Region im Zeitraum 2015-2035 nach Sektor und Energieform.....	11
Tabelle 3.1: Einteilung der Wirtschaftszweige in Anlehnung an NACE, Bundesagentur für Arbeit und Exiobase.....	20
Tabelle 4.1: Abkürzungen Anlagentypen.....	25
Tabelle 4.2: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Onshore-Windkraftanlagen	27
Tabelle 4.3: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Onshore-Windkraftanlagen.....	28
Tabelle 4.4: Betriebskosten bei Onshore-Windkraftanlagen	29
Tabelle 4.5: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Onshore-Windkraftanlagen.....	30
Tabelle 4.6: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei PV-Kleinanlagen.....	31
Tabelle 4.7: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Kleinanlagen.....	32
Tabelle 4.8: Betriebskosten bei PV-Kleinanlagen.....	33
Tabelle 4.9: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Kleinanlagen	33
Tabelle 4.10: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei PV-Großanlagen auf Dachflächen.....	34
Tabelle 4.11: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Dachflächen	35
Tabelle 4.12: Betriebskosten bei PV-Großanlagen auf Dachflächen.....	36
Tabelle 4.13: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Dachflächen	36
Tabelle 4.14: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei PV-Großanlagen auf Freiflächen.....	37
Tabelle 4.15: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Freiflächen	38
Tabelle 4.16: Betriebskosten bei PV-Großanlagen auf Freiflächen.....	39
Tabelle 4.17: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Freiflächen	40
Tabelle 4.18: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Solarthermie-Kleinanlagen	41
Tabelle 4.19: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweig aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Kleinanlagen	41
Tabelle 4.20: Betriebskosten bei Solarthermie-Kleinanlagen	42
Tabelle 4.21: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Kleinanlagen	43

Tabelle 4.22: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Solarthermie-Großanlagen	44
Tabelle 4.23: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Großanlagen	44
Tabelle 4.24: Betriebskosten bei Solarthermie-Großanlagen	45
Tabelle 4.25: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Großanlagen	46
Tabelle 4.26: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Biogasanlagen	47
Tabelle 4.27: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biogasanlagen	48
Tabelle 4.28: Betriebskosten bei Biogasanlagen	49
Tabelle 4.29: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biogasanlagen	50
Tabelle 4.30: Investitionskosten (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Biomasseanlagen	51
Tabelle 4.31: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biomasseanlagen	52
Tabelle 4.32: Betriebskosten bei Biomasseanlagen	53
Tabelle 4.33: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biomasseanlagen	54
Tabelle 4.34: Investitionskosten (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Wärmepumpenanlagen	55
Tabelle 4.35: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wärmepumpenanlagen	55
Tabelle 4.36: Betriebskosten bei Wärmepumpenanlagen	56
Tabelle 4.37: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wärmepumpenanlagen	56
Tabelle 4.38: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten	57
Tabelle 4.39: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten	58
Tabelle 4.40: Betriebskosten bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten	59
Tabelle 4.41: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten	60
Tabelle 4.42: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Wasserkraftanlagen	61
Tabelle 4.43: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wasserkraftanlagen	61
Tabelle 4.44: Betriebskosten bei Wasserkraftanlagen	62
Tabelle 4.45: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wasserkraftanlagen	63
Tabelle 4.46: Zuordnung Wirtschaftszweige zu Wirtschaftsbereichen	64
Tabelle 5.1: Ausbaupfad Sanierung 1	70
Tabelle 5.2: Ausbaupfad Sanierung 2	70
Tabelle 5.3: Aufteilung der Sanierungskosten auf Wirtschaftszweige	71
Tabelle 5.4: Ist-Zustand Beispielgebäude Einfamilienhaus, Grunddaten	73
Tabelle 5.5: Ist-Zustand Beispielgebäude Einfamilienhaus, Dämmung	73
Tabelle 5.6: Ist-Zustand Beispielgebäude Einfamilienhaus, Wärmeversorgung	74
Tabelle 5.7: Maßnahmenpaket 1 „Konventionell“ für EFH-Beispielgebäude, Dämmung	74

Tabelle 5.8: Maßnahmenpaket 1 „Konventionell“ für EFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung	75
Tabelle 5.9: Maßnahmenpaket 2 „Zukunftsweisend“ für EFH-Beispielgebäude, Dämmung	75
Tabelle 5.10: Maßnahmenpaket 2 „Zukunftsweisend“ für EFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung	76
Tabelle 5.11: Ist-Zustand Beispielgebäude Mehrfamilienhaus, Grunddaten.....	76
Tabelle 5.12: Ist-Zustand Beispielgebäude Mehrfamilienhaus, Dämmung	77
Tabelle 5.13: Ist-Zustand Beispielgebäude Mehrfamilienhaus, Wärmeversorgung	77
Tabelle 5.14: Modernisierungspaket 1 „Konventionell“ für MFH-Beispielgebäude, Dämmung	78
Tabelle 5.15: Modernisierungspaket 1 „Konventionell“ für MFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung	78
Tabelle 5.16: Modernisierungspaket 2 „Zukunftsweisend“ für MFH-Beispielgebäude, Dämmung	79
Tabelle 5.17: Modernisierungspaket 2 „Zukunftsweisend“ für MFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung.....	79
Tabelle 5.18: Kosten Sanierung EFH bei verschiedenen Nettoheizwärmebedarfen	80
Tabelle 5.19: Kosten Sanierung MFH bei verschiedenen Nettoheizwärmebedarfen	81
Tabelle 5.20: Zuordnung Wirtschaftszweige zu Wirtschaftsbereichen.....	81
Tabelle 8.1: NACE-Wirtschaftszweigzuordnung aus Destatis (2008)	90
Tabelle 8.2: Wirtschaftszweigzuordnung der Bundesagentur für Arbeit.....	93
Tabelle 8.3: Wirtschaftszweigzuordnung nach Exiobase	94

Abkürzungsverzeichnis

a.n.g.	anderweitig nicht genannt
BMBF	Bundeministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundeministerium für Wirtschaft und Energie
EE	Erneuerbare Energien
EE-Anlagen	Erneuerbare-Energie-Anlagen
EWO	Bürgerstiftung Energiewende Oberland
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
GWh	Gigawatt
HQSG	Heilquellenschutzgebiete
INOLA	Innovationen für ein Nachhaltiges Land- und Energiemanagement auf Regionaler Ebene
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LSG	Landschaftsschutzgebiete
MW	Megawatt
n.e.c.	not elsewhere classified, dt. <i>anderweitig nicht klassifiziert</i>
NSG	Naturschutzgebiete
PV	Photovoltaik
TWSG	Trinkwasserschutzgebiete
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
WKA	Windkraftanlage

Anmerkung:

In der vorliegenden Arbeit werden männliche Personenbezeichnungen zugunsten der besseren Lesbarkeit für beide Geschlechter verwendet.

1 Einleitung

Die Region Oberland im bayerischen Voralpenland südlich Münchens hat es sich zum Ziel gesetzt, den Energiebedarf bis zum Jahr 2035 vollständig aus erneuerbaren Energien zu decken. Dieses ambitionierte Vorhaben, welches die politischen Vertreter der drei Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Weilheim-Schongau per Kreistagsbeschluss formalisiert haben, wird seit 2014 wissenschaftlich durch das interdisziplinäre Projekt INOLA (Innovationen für ein nachhaltiges Land- und Energiemanagement auf regionaler Ebene) begleitet. Dabei ist die Zielsetzung, mögliche Umsetzungspfade zu spezifizieren, die nicht nur die Akzeptanz in der Bevölkerung, sondern auch die Knappheit der verfügbaren Ressourcen berücksichtigt. Beide Faktoren spiegeln sich auch in Landnutzungskonflikten wider.

Ein solcher struktureller Wandel erzeugt auch immer wirtschaftliche Verzerrungen. Für eine gesellschaftspolitische Einschätzung und Steuerung des Wandels ist eine möglichst genaue Kenntnis dieser Verzerrungen unumgänglich. Die Untersuchung der wirtschaftlichen Effekte der Energiewende im Oberland findet innerhalb des ifo Instituts statt und wird im vorliegenden Bericht präsentiert. Es werden sowohl die wirtschaftlichen Effekte durch die Installation und den Betrieb von EE-Anlagen untersucht als auch durch Gebäudesanierungen, die dazu dienen, den Energieverbrauch in Gebäuden zu senken und hiermit die Energiewende durch eine höhere Energieeffizienz zu ermöglichen. Die wirtschaftlichen Effekte werden in Arbeitsmarkt- und Wertschöpfungseffekte untergliedert.

Zur Untersuchung dieser Effekte wird eine Weiterentwicklung der Input-Output-Analyse (kurz: IO-Analyse) verwendet, welche eine mathematische Methode zur Darstellung der Verflechtungen verschiedener Wirtschaftszweige, wie der Landwirtschaft oder der Stromerzeugung, ist. Die Verflechtungen der Wirtschaftszweige entstehen über Vorprodukte, die zur Herstellung von Gütern eines Wirtschaftszweigs aus anderen Wirtschaftszweigen benötigt werden. Gegenüber anderen Methoden zur Abschätzung von wirtschaftlichen Effekten, wie der Beschäftigungsquotenmethode und der Analyse der Wertschöpfungskette bietet die IO-Analyse den Vorteil, indirekte Effekte durch Investition und Betrieb auf andere Wirtschaftszweige abschätzen zu können.

Die transdisziplinäre Analyse des Gesamtprojekts hat gezeigt, dass trotz des hohen Potentials an Photovoltaik in der Region, das Ziel der ausschließlichen Nutzung erneuerbarer Energien sinnvoll nur durch eine Reduktion des Energiebedarfs erreicht werden kann. Dies setzt beispielsweise hohe Zuwächse bei den Sanierungsraten voraus, welche aus Sicht der wirtschaftlichen Analyse jedoch einen zusätzlichen Fachkräftebedarf erzeugen, der, gegeben des bereits heute vorhandenen Mangels, derzeit nicht bedient werden kann. Eine klare Botschaft an die Politik lautet daher, dass das fehlende Personal einen großen Engpass bei der Umsetzung der Energiewende darstellt und ein dringender Handlungsbedarf zur zügigen Nachwuchsförderung und zur Steigerung der Attraktivität der benötigten Berufsgruppen besteht.

2 Erkenntnisse aus vorangegangenen INOLA-Arbeiten

Die bisherigen INOLA-Arbeitsberichte Nr. 1 bis 7 liefern Erkenntnisse zu folgenden Schwerpunkten:

1. Naturräumliche Gegebenheiten, Landnutzung und Bestandsanlagen
2. Ist-Analyse: Energiebedarf und regenerative Energieerzeugung
3. Potenzialanalyse: Bedarf, Energieerzeugung aus Erneuerbaren und Einsparungen
4. Maßnahmenanalyse: Öffentlichkeitsarbeit und Kampagnen
5. Akteursanalyse und Institutionalisierung
6. Befragung zur gesellschaftlichen Akzeptanz
7. Szenarien und Visionen bis 2045

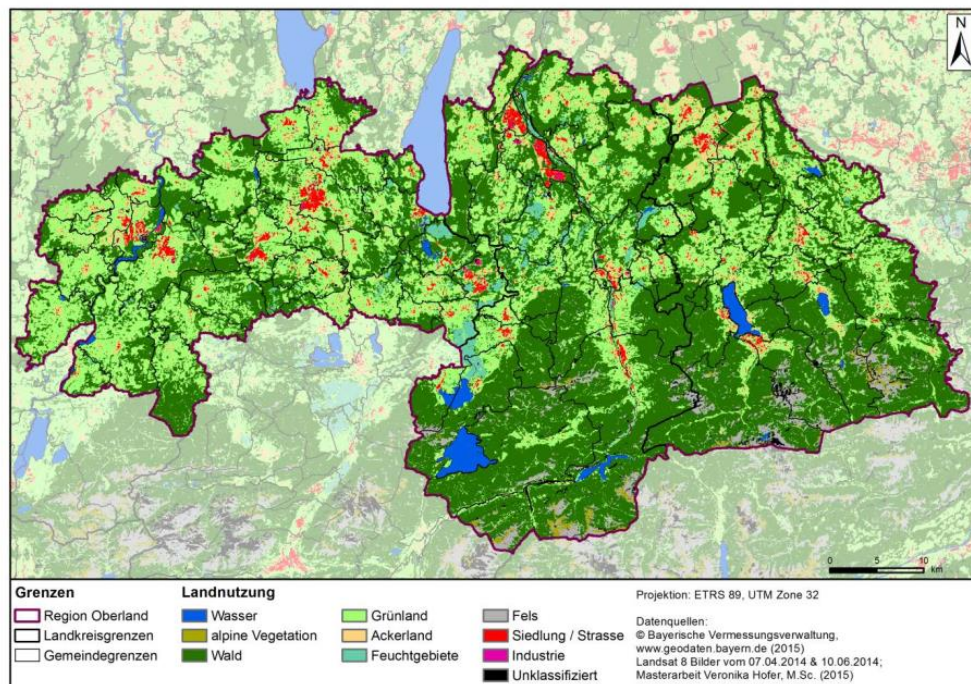
Die folgenden Abschnitte geben einen kurzen Überblick über die Ergebnisse die zum Verständnis und zur Einordnung der wirtschaftlichen Analyse notwendig sind. Zu detaillierteren Informationen sollte der interessierte Leser die Ausarbeitungen in den jeweiligen Zwischenberichten zu Rate ziehen.

2.1 Möglichkeiten der Landnutzung

Die Veränderung politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen, globale, nationale und regionale Wirtschaftsentwicklungen sowie sich wandelnde Ansprüche der Bürger an das Landschaftsbild haben die Flächennutzung Bayerischen Oberland in den letzten Jahrzehnten entscheidend geprägt. Viele mit der Energiewende verbundene Maßnahmen rufen Konflikte im Zusammenspiel von Energieerzeugung, Landwirtschaft, Naturschutz und Tourismus hervor. Die Erarbeitung eines abgestimmten Konzeptes und die Akzeptanz von Bürgern sowie regionalen Akteuren ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende im Bayerischen Oberland. Dazu müssen Wege aufgezeigt werden, wie gleichzeitig eine klimafreundliche Energieversorgung und eine nachhaltige Landnutzung realisiert werden können, ohne dabei die Interessen von Gesellschaft, Natur und Wirtschaft zu vernachlässigen.

In diesem Sinne wurde eine fundierte Ist- und Potenzialanalyse für die Modellregion der Energiewende Oberland erarbeitet. Darin sind die aktuelle und zukünftig mögliche Struktur des Energiesystems und die Nutzung bzw. Bewirtschaftung von Flächen abgebildet. Abbildung 2.1 zeigt die Landnutzung im Oberland.

Abbildung 2.1: Klassifizierte räumliche Verteilung der Landnutzung im INOLA-Untersuchungsgebiet



Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

Wie dem INOLA-Arbeitsberichts Nr. 1 entnommen werden kann, sind die örtlichen Gegebenheiten insbesondere zur Nutzung der Wasserkraft und der Photovoltaik (PV) geeignet. Während der nördliche Teil des Untersuchungsgebietes den Ausbau von PV-Anlagen begünstigt, ließe sich im Süden v.a. die Windkraft gut nutzen. Problematisch ist allerdings, dass im Norden bereits vermehrt Siedlungs- und Verkehrsflächen¹ geschaffen werden und die Entstehung von Windparks in den hohen Lagen bzw. auf den Gipfeln der südlich gelegenen Voralpenregion nicht erwünscht ist. Verstärkt wird diese Problematik durch die fortlaufende Kennzeichnung von Schutzgebieten und die 10-H-Regelung, die der Windkraftnutzung zusätzliche Grenzen setzt. Die im Gegenzug ausgewiesenen Vorranggebiete, die zum Ausbau der Windkraft dienen sollen, liegen ebenfalls im Norden der EWO, die wie zuvor angedeutet bereits heute durch Flächennutzungskonflikte geprägt ist. Somit erscheint das Potenzial der Windkraftnutzung im Zuge des Ausbaus der Erneuerbaren verhältnismäßig gering.

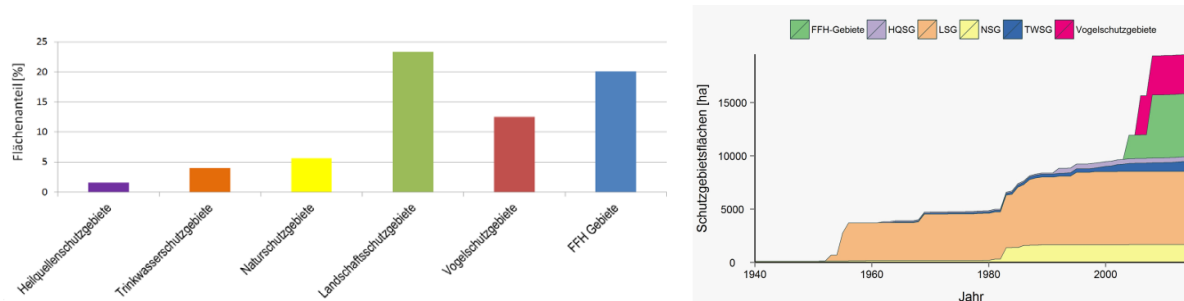
Die bereits erwähnten Schutzgebiete nehmen einen Anteil von 41,3% an der Gesamtfläche der drei Landkreise ein, wodurch die Nutzung der zuvor beschriebenen Flächen sehr stark eingrenzt wird (s. Abbildung 2.2). Mit 23%, 20% bzw. 12% überwiegt vor allem der Anteil der Landschafts-, FFH-² und

¹ Zu den Siedlungs- und Verkehrsflächen zählen Gebäudeflächen mit dazugehörigen Freiflächen, gewerbliche bzw. öffentliche Betriebsflächen sowie Verkehrs- und Erholungsflächen.

² Der Begriff der FFH-Gebiete geht auf die EU-Richtlinie 92/43/EWG vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen („Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie“ oder kurz FFH- bzw. Habitat-Richtlinie) zurück.

Vogelschutzgebiete.³ Aus Abbildung 2.2 ergibt sich außerdem, dass sich der Anteil der schützenswerten Gebiete an der Gesamtfläche der EWO zwischen 1980 und 2013 mehr als verdreifacht hat.

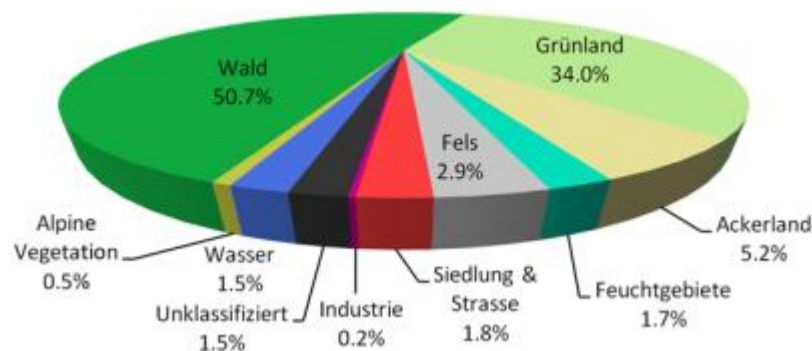
Abbildung 2.2: Anteile und Entwicklung der ausgewiesenen Schutzgebietsflächen in der Region INOLA bis 2013⁴



Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

Auch die für die landwirtschaftlichen Zwecke zur Verfügung stehenden Gebiete in den drei Landkreisen sind nur eingeschränkt bzw. mehr oder weniger gut nutzbar, was vor allem auf die Bodengegebenheiten der Voralpenregion zurückzuführen ist. Die größten Anteile bei der Landnutzung nehmen die Land- und die Forstwirtschaft ein, wobei sich die landwirtschaftlichen Flächen noch einmal in Grün- und Ackerland unterscheiden lassen (s. Abbildung 2.3). Diese Flächen leisten einen Beitrag zur Energieerzeugung und zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln.

Abbildung 2.3: Flächenanteile der Landnutzung im INOLA-Untersuchungsgebiet



Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

Während sich die Wälder überwiegend auf die Region der bayerischen Voralpen erstrecken, sind Grün- und Ackerflächen größtenteils im Norden vertreten. Bezogen auf die Region EWO ist der landwirtschaftliche Flächenanteil seit 1980 kontinuierlich gesunken. Dabei stehen sich für den Zeitraum von 1999 bis 2010 ein Rückgang der Grünlandflächenanteile und ein geringer Anstieg beim Ackerbau gegenüber. Der Verlust dieser Flächen lässt sich auch hier durch den Siedlungs- bzw. Verkehrszubau

³ Ein Aufsummieren der einzelnen Prozentangaben ist nicht möglich, da sich die Nutzungsformen einzelner Flächen überschneiden können.

⁴ HQSG – Heilquellen-, LSG – Landschafts-, NSG – Natur-, TWSG – Trinkwasserschutzgebiete

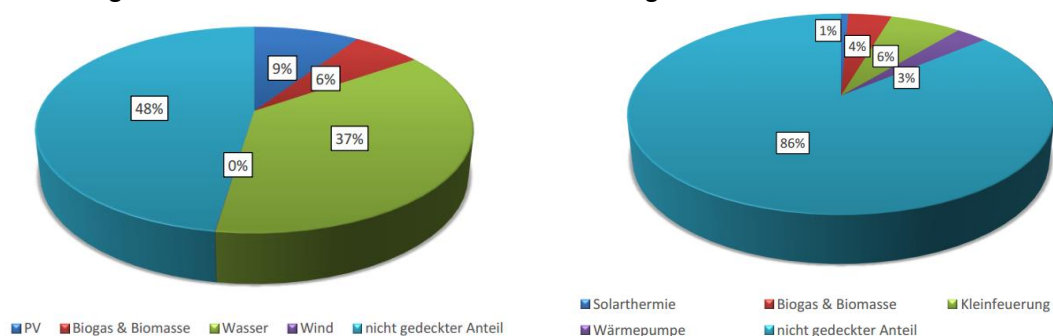
und durch eine allmähliche Aufforstung zulasten der Landwirtschaft erklären. Die beschriebene Umnutzung fällt trotz des klaren Trends aber verhältnismäßig gering aus.

Aufgrund der topografischen Gegebenheiten im Voralpenland, auch bekannt als Tourismus- und Erholungsgebiet, ist die land- und energiewirtschaftliche Nutzung im südlichen Teil der EWO nur begrenzt möglich. Lediglich die Nutzung der Wasserkraft steuert in diesem Gebiet einen wesentlichen Anteil zur Energieerzeugung bei. Ein weiterer Zubau zur Nutzung der Wasserkraft, der Photovoltaik und der Windkraft ist jedoch nur unter erschwerten Bedingungen umsetzbar und wenn möglich in anderen Gebieten der EWO vorzuziehen. So befinden sich auch im Norden der Region die sogenannten Vorranggebiete für Windkraftanlagen. Aufgrund der Nähe zur bayerischen Landeshauptstadt war in derselben Region aber bereits zwischen 1980 und 2013 ein besonders hoher Zubau an Siedlungs- und Verkehrsflächen zu verzeichnen. Im Norden wie im Süden der Region EWO ergeben sich somit vielseitige Landnutzungskonflikte, die den Zubau der Erneuerbaren erschweren.

2.2 Ist-Analyse: Bestehende Anlagen zur Energieerzeugung

Neben den land- bzw. forstwirtschaftlichen Nutzflächen sowie weiteren Vegetationsflächen und versiegelten Siedlungs- und Verkehrsflächen wurden im Rahmen der Ist-Analyse bereits existierende Anlagen zur Energieerzeugung und -speicherung räumlich erfasst. Eine Analyse des Bestands liefert die Grundlage für die darauf aufbauende Potentialanalyse, in der mögliche Standorte für Energieerzeugungsanlagen und deren potentielle Energiegewinnung untersucht werden. Im Jahr 2014 lag der Stromverbrauch der gesamten Region EWO bei 2,2 TWh_{el} und der Wärmebedarf bei ca. 5,5 TWh_{el}. Davon stammten 1,15 TWh_{el} bzw. 0,8 TWh_{el} aus regenerativen Energien, was einem Anteil von 52% bzw. 14% entsprach. Auf die Veranschaulichung des Energiebedarfs wird verzichtet und auf Arbeitsbericht Nr. 2 verwiesen.

Abbildung 2.4: Darstellung des Anteils regenerativer Strom- (links) und Wärmeerzeugung (rechts) am gesamten derzeitigen Strom- bzw. Wärmeverbrauch der INOLA-Region



Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 2

Die relevanten Anlagen, die über das EEG vergütet werden, beliefen sich Ende 2014 auf 13.507 Stück mit einer Gesamtleistung von 413,4 MW. Diese Höhe kommt vor allem durch eine Vielzahl an PV-Anlagen zustande. Im Jahr 2013 lag der Anteil der EEG-Anlagen am Stromverbrauch bereits bei 41,5% und damit weit über dem deutschen bzw. bayerischen Anteil mit Werten in Höhe von 23,3% bzw. 24,2%. Hierbei werden je nach Landkreis bzw. örtlichen Gegebenheiten signifikante Unterschiede deutlich. So reicht der Anteil der Erneuerbaren von 13,4% im Landkreis Miesbach bis 88,5% im Land-

kreis Bad Tölz-Wolfratshausen, was auf eine intensive Nutzung der Wasserkraft im Süden der Region zurückzuführen ist. Betrachtet man für die gesamte Region EWO den Stromverbrauch, der bereits durch erneuerbare Energien gedeckt wird, so ist der Anteil der Wasserkraft am höchsten. Ebenfalls von Bedeutung sind die Anteile von Photovoltaik und Klär- bzw. Biogas, während die Nutzung der Windkraft und der Biomasse eher schlecht aufgestellt ist. Die Anteile der einzelnen EEG-vergüteten Technologien am Gesamtverbrauch der Region gehen aus der nachfolgenden Tabelle für das Jahr 2013 hervor.

Tabelle 2.1: Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtstromverbrauch 2013 der EEG-vergüteten Anlagen in der INOLA-Region im Vergleich mit Deutschland und Bayern

	Deutschland [%]	Bayern [%]	Region Energiewende Ober- land“ [%]	Bad Tölz- Wolfratshausen [%]	Miesbach [%]	Weilheim- Schongau [%]
Solarstrom	5,6	11,4	9,5	8,8	7,1	11,2
Windkraft	10,1	1,7	< 0,1	0,0	<< 0,1	0,1
Wasserkraft	1,1	3,1	24,6	76,1	5,3	6,5
Biomasse	6,1	7,9	0,7	1,5	0,2	0,4
Klär- und Biogas	0,4	0,1	6,7	2,1	0,8	12,2
Geothermie	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	23,3	24,2	41,5	88,5	13,4	30,4

Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

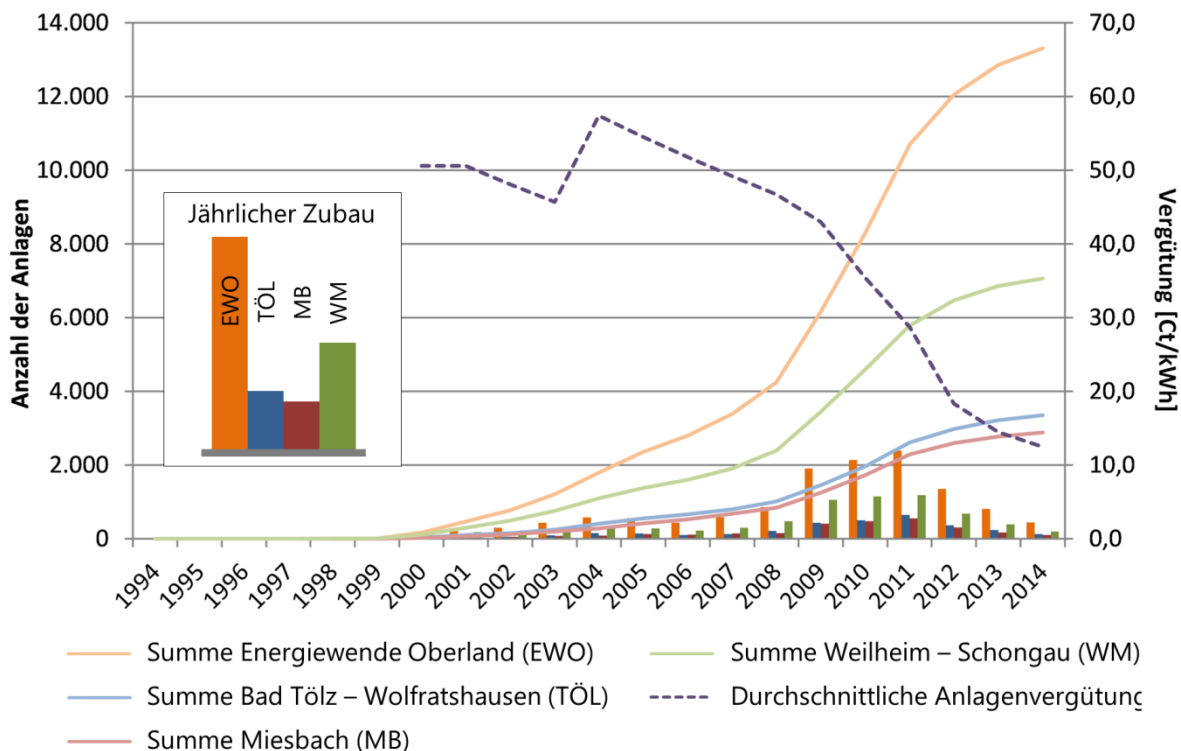
Tabelle 2.2: Installierte Nennleistung der bestehenden EE-Anlagen in der INOLA- nach Energieträgern

	Anzahl installierter Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anteil an Gesamtleistung [%]
Solarstrom	13.312	215,8	52,2
Wasserkraft	105	170	41,1
Biomasse	38	7,7	1,9
Biogas	48	19,3	4,7
Windkraft	4	0,6	< 0,1
Gesamt	13.507	413,4	100,0

Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

Aus den beiden oberen Tabellen wird deutlich, dass der Ausbau der prinzipiell gut nutzbaren Windkraft bisher kaum gefördert wurde, während in den vergangenen Jahren viele Biomasse- und Biogasanlagen entstanden sind. Biogas lässt sich besonders effizient nutzen, da die entsprechenden Anlagen aufgrund von Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Strom und Wärme produzieren, wodurch sie sehr hohe Wirkungsgrade erzielen. Des Weiteren gibt es über 1.000 oberflächennahe Geothermie-Sonden in den Gemeinden, deren Anteil am Stromverbrauch keine Rolle spielt. Eine Nutzung der Tiefengeothermie wurde ebenso wenig verzeichnet.

Abbildung 2.5: Anzahl der installierten Photovoltaikanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der INOLA-Region seit 1994 sowie Entwicklung der durchschnittlichen Anlagenvergütung seit Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2000⁵



Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

Dass die Nutzung der Wasserkraft am ergiebigsten ist, wird beim Gegenüberstellen der installierten Nennleistung der EE-Technologien mit ihrem entsprechenden Beitrag zur Deckung des Gesamtstromverbrauchs deutlich.⁶ Stellt man beispielsweise die Leistung der Wasserkraftwerke und der Photovoltaikanlagen gegenüber, so wird deutlich, dass die Wasserkraft mit einem Anteil von 41,1% an der Gesamtleistung ganze 24,6% des in der Region verbrauchten Stroms liefert. Demgegenüber steht die Photovoltaik, die 2014 mit 52,2% einen noch höheren Anteil an der Gesamtleistung hatte, im Vorjahr aber nur 9,5% am Stromverbrauch der Region deckte. In Summe entspricht dies einer installierten Nennleistung von insgesamt 170 MW bzw. 105 installierten Anlagen zur Nutzung der Wasserkraft sowie 216 MW bzw. ganzen 13.312 Anlagen zur Erzeugung von Solarstrom. Seit dem Jahr 2010 ist jedoch ein Rückgang des zuvor rasanten PV-Zubaus zu verzeichnen, nachdem die Vergütung durch das EEG gesenkt wurde, wie im Abbildung 2.5 ersichtlich ist.

⁵ Zum Zeitpunkt der Erstellung vom Arbeitsbericht Nr. 1 war der Landkreis Garmisch-Patenkirchen noch nicht der Stiftung Energiewende Oberland beigetreten. Somit waren die Bezeichnungen „EWO“ bzw. „Energiewende Oberland“ und die Modellregion im INOLA-Projekt deckungsgleich. Gemeint waren die Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Weilheim-Schongau.

⁶ Zu beachten ist allerdings, dass an dieser Stelle Daten zum Stromverbrauch von 2013 mit Daten zur installierten Nennleistung aus dem Jahr 2014 verglichen werden. Der Vergleich dient daher nur als Veranschaulichung der Dimensionen, wobei aber hervorzuheben ist, dass es in den letzten Jahren keine signifikante Erhöhung der Leistung von Wasserkraftwerken gab und auch der Zubau an PV-Anlagen ist seit dem Jahr 2010 rückläufig (s. Abbildung 2.5).

Der Spielraum für einen weiteren Ausbau der Leistung von Wasserkraftwerken gestaltet sich allerdings schwierig und auch der weitere Zubau von PV-Anlagen wird nicht im selben Maße zur Sicherstellung einer ganzjährigen Versorgung beitragen können wie die Nutzung der Wasserkraft.

2.3 Potenzialanalyse:

2.3.1 Naturräumliche und technische Potenziale zur Energieerzeugung

Die Potenzialanalyse, die im Rahmen des INOLA-Arbeitsberichts Nr. 3 vorgenommen wurde, erfolgte für jede EE-Technologie einzeln, d.h. ohne Berücksichtigung der übrigen Energieerzeugungsarten. Nutzbare Flächen können prinzipiell für mehrere Erzeugungsarten geeignet sein, so dass sich die berechneten Potenziale nicht aufsummieren lassen. Dies wird deutlich an der Flächenkonkurrenz zwischen gebäudegebundenen Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen zur Strom- bzw. zur Wärmeherzeugung, von denen sich nur eine gleichzeitig installieren lässt. Im Rahmen der Potenzialanalyse setzen sich die für EE-Anlagen nutzbaren Flächen aus Frei-, Dach- und Fassadenflächen zusammen.

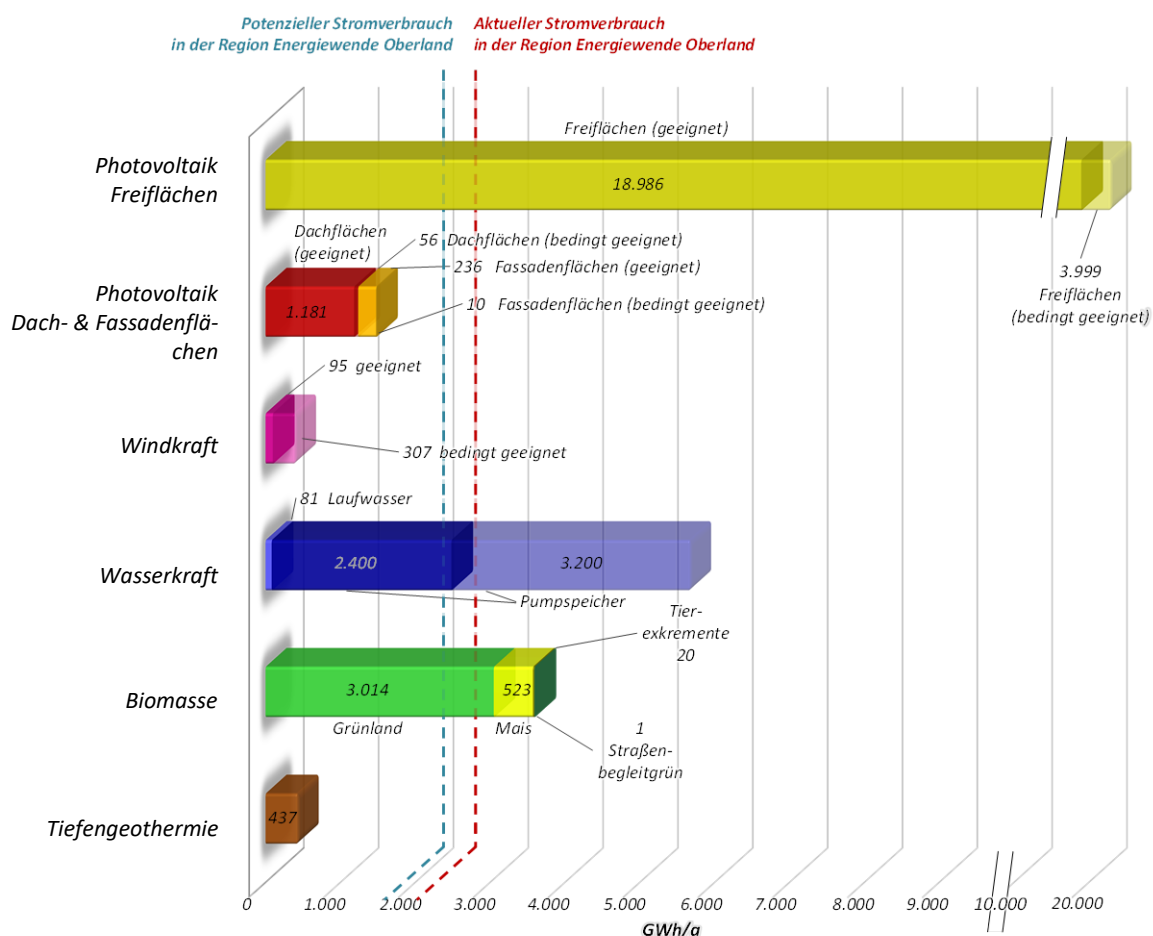
Die Analysen im INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3 bezogen sich zunächst auf naturräumliche Potenziale bzw. wie viel Energie aufgrund naturräumlicher Gegebenheiten in der Region verfügbar ist. Im zweiten Schritt wurde das technische Potenzial bestimmt, indem die rechtlichen Rahmenbedingungen miteinbezogen wurden, die die Nutzung einschränken. Hierzu zählen bspw. Landschaftsschutzgebiete oder Abstandsregelungen. Betriebswirtschaftliche Überlegungen, z.B. zu Erschließungskosten, Auslastungsgrad, wurden zunächst nicht berücksichtigt. Es ist außerdem darauf hinzuweisen, dass insbesondere bei der Nutzung der Solarenergie räumliche, saisonale und tageszeitabhängige Schwankungen auftreten, weshalb einzelne Nutzungspotenziale nicht denselben Mehrwert mitbringen und die Entwicklung von Energiespeichern voranzutreiben ist.

Im Folgenden wird ein Überblick zu den Energiepotenzialen für die Strom- und Wärmeproduktion gegeben. Detailliertere Abbildungen sowie Informationen zum Energiebedarf und Einsparpotenzialen finden sich in den Arbeitsberichte Nr. 2 und Nr. 3 und auf der Homepage von INOLA.

Der erste Balkenstrich in Abbildung 2.6 zeigt das bereits genutzte Potenzial der Region an, während der restliche (durchsichtlichere) Balken das noch ungenutzte Potenzial der Region markiert. Zur Sicherung der regionalen Stromversorgung bietet die Photovoltaik mit Abstand das größte Potenzial, wobei das bereits genutzte Potenzial noch sehr gering ist. Das bisher ungenutzte Potenzial bezieht sich auf die Nutzung der gesamten zur Verfügung stehenden Fläche der drei Landkreise, soweit sie naturräumlich und rechtlich praktikabel ist. Dies erscheint weder realistisch noch notwendig, wie der aktuelle jährliche Stromverbrauch von 2.188 GWh/a im Jahr 2014 zeigt. Aufgrund der über das gesamte Jahr betrachteten volatilen Solarenergieerzeugung wäre eine Nutzung in diesem Ausmaß ohnehin nicht sinnvoll, sofern keine entsprechenden Speichermöglichkeiten existieren. Hingegen könnte bei einer Nutzung aller verfügbaren Dach- und Fassadenflächen mit ca. 1.180 GWh/a die Hälfte des Strombedarfs der Region gedeckt werden. Ein weiterer Vorteil der gebäudegebundenen PV-Nutzung sind die deutlich geringeren rechtlichen Einschränkungen im Vergleich zur Freiflächennutzung. Demgegenüber steht die Nutzung der Wasserkraft. Sie leistet schon heute einen beachtlichen Beitrag zur Stromerzeugung in der Region, wohingegen das Potenzial eines weiteren Ausbaus nur gering ist. An einzelnen Standorten in der Region ließen sich mit neuen Pumpspeicherkraftwerken

große Strommengen produzieren, die zudem den Vorteil der Speicherung und Steuerung hätten. Diesen Vorteil bietet auch die Biomasse, die –unter der Annahme, dass die kompletten Grün- und Maisflächen genutzt werden – mehr als den aktuellen Stromverbrauch der Region decken könnte. Das Potenzial ist vergleichbar mit dem der Wasserkraft und ginge einher mit deutlich geringeren Eingriffen in die Natur. Aufgrund der derzeit geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen und der mangelnden Akzeptanz sind nur wenige Flächen zur Nutzung der Windkraft vorhanden. Entsprechend ergibt sich ein sehr geringes ungenutztes Potenzial, wohingegen das naturräumliche Potenzial ohne Berücksichtigung des Regionalplans enorm ist. Ein ähnliches Nutzungspotenzial weist die Tiefengeothermie vor, die weniger als ein Viertel des Verbrauchs deckt.

Abbildung 2.6: Stromverbrauch und Potenziale Erneuerbarer Energien für die Stromproduktion pro Jahr in der INOLA-Region im Vergleich zum derzeitigen und potenziellen Stromverbrauch im Jahr 2035

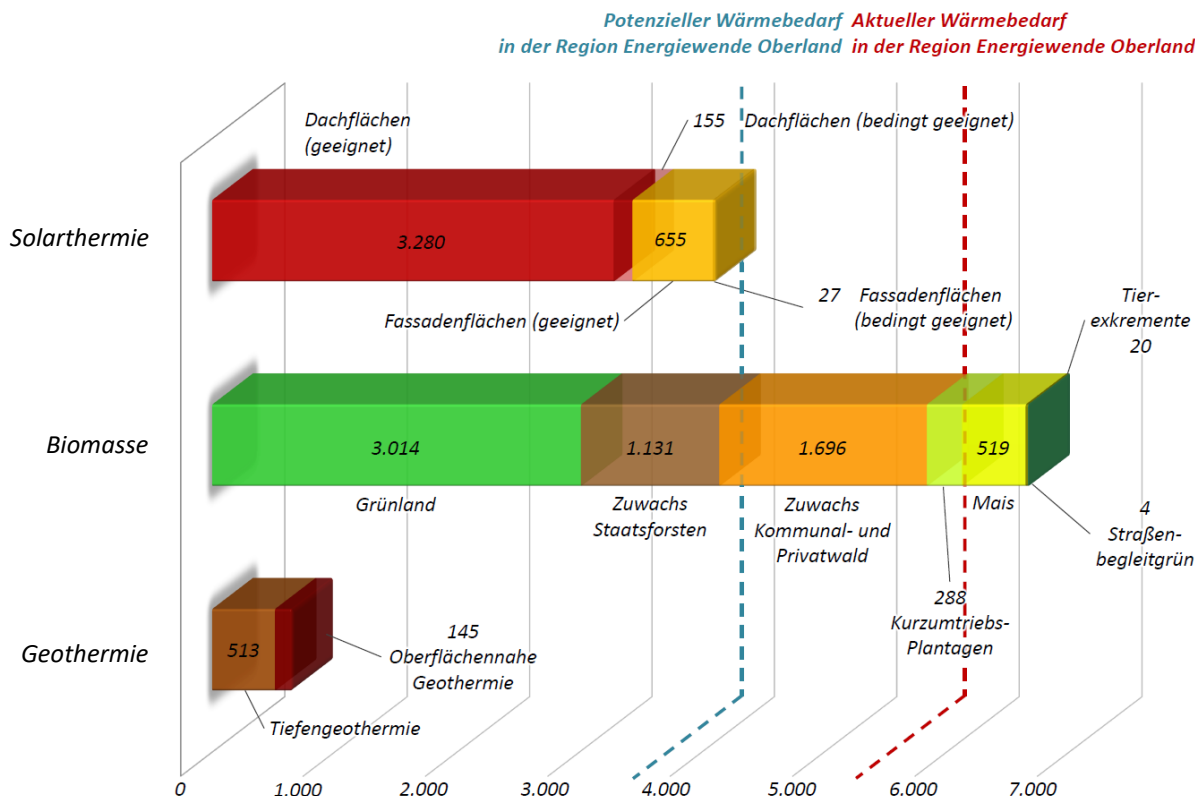


Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3

Das jeweils einzeln berechnete Potenzial der Solarthermie, Biomasse und Geothermie zeigt, dass auch im Bereich der Wärme ein großer Schritt zur Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern gemacht werden kann (s. Abbildung 2.7). Gleichzeitig erfordert dies aber eine Reduzierung des aktuellen Wärmebedarfs, bspw. im Zuge steigender Anforderungen an die Energiebilanz von Neubauten oder aber an die Energieeffizienz technischer Geräte. Das größte Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs besteht in der Nutzung der Biomasse. Die potenzielle Erzeugung der Geothermie würde etwa ein Fünftel des gesamten Wärmebedarfs von 2014 abdecken und bei einer Nutzung aller Dachflächen für die Solarthermie könnten schwankungsbedingt bis zu drei Viertel des gesamten Wärmebedarfs

der Region erzeugt werden. Allerdings ist bei den Potenzialen aus Biomasse und Solarthermie jeweils die Konkurrenz zur Stromerzeugung zu beachten.

Abbildung 2.7: Wärmeverbrauch und Potenziale Erneuerbarer Energien für die Wärmeproduktion pro Jahr in der INOLA Region im Vergleich zum derzeitigen und potenziellen Wärmebedarf im Jahr 2035



Quelle: INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3

2.3.2 Einsparpotenziale beim Energiebedarf

Aus der Potenzialanalyse Erneuerbarer Energien schließt INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3, dass die Region im Jahr 2035 unabhängig von fossilen Energieträgern sein kann, wenn gleichzeitig eine Reduktion des Energiebedarfs, vor allem im Wärmebereich, stattfindet. Um die Realisierbarkeit dieser Reduktion zu beurteilen, wurden auch die Einsparpotenziale untersucht. Dabei hat sich die Potenzialanalyse hauptsächlich an die EU-Energieeffizienz-Richtlinie (EU, 2012) orientiert, welche die Mitgliedstaaten zur Effizienzsteigerungen im Strom- und Wärmebereich verpflichtet. Für den Zeitraum 2015 bis 2035 kann für die INOLA-Region eine Senkung des Primärenergiebedarfs um 35% angenommen werden. Eine Aufschlüsselung nach Sektoren und Energieform findet sich in Tabelle 2.3. Dort wird ersichtlich, welcher große Rolle dem Wärmeverbrauch der Haushalte zugeschrieben wird, aber auch beim GHD-Sektor werden erhebliche Einsparpotenziale erkannt. Gebäudesanierungen können dabei einen wichtigen Stellenwert zum Gelingen der Energiewende einnehmen, denn in Deutschland etwa 35% des Gesamtenergieverbrauchs durch Gebäudeenergie entsteht (BMWi, 2018a).

Tabelle 2.3: Einsparpotenziale für INOLA-Region im Zeitraum 2015-2035 nach Sektor und Energieform

Sektor	Strom	Wärme
Haushalte	15%	44%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (inkl. Kommune)	10%	30%
Straßenbeleuchtung	25%	-

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis vom INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3

2.4 Soll-Erfassung: Visionen und Szenarien

Abbildung 2.8: INOLA-Szenarien im Überblick

Nachhaltigkeit schafft Werte – Wertewandel und Mut zur Veränderung – wirtschaftlicher Erfolg durch Nachhaltigkeit, auch im Energiesektor – Energie: 100 % erneuerbare Energien, Rückgang des Energieverbrauchs, Dezentralisierung und Elektromobilität – Leben in der Region: Zuzug von hochqualifizierten Facharbeitern, Familien und Älteren – Folgen: Anstieg von Investitionskosten, Flächenbedarf und Flächenkonkurrenzen, Veränderung des Landschaftsbilds	Das Wachstum geht weiter – keine wesentlichen Veränderungen – wirtschaftlicher Erfolg durch technische Innovationen – Energie: Unternehmen und Haushalte sind höchst energieeffizient, EE-Ausbau in Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit – Leben in der Region: komfortabel und bezahlbar, Wohlstandsgefälle verschärft sich – Folgen: Energieverbrauch, Flächenbedarf und Flächenkonkurrenzen steigen, vernachlässigter Umwelt- und Ressourcenschutz
Kein Land in Sicht – Wirtschaftskrise im Jahr 2045 – wirtschaftlicher Erfolg: die Innovationskraft der regionalen Wirtschaft leidet – Energie: Energiewende und Umweltschutz vernachlässigt, geringer EE-Ausbau, Pendlerzahl steigt und erhöht den Energieverbrauch – Leben in der Region: die Bevölkerung schrumpft und altert	Krise motiviert regionale Kräfte – Wirtschaftskrise im Jahr 2045 und Impulse – wirtschaftlicher Erfolg: Innovationen im Bereich Bauen, Wohnen, Energie und Arbeit – Energie: krisenbedingte Verbrauchssenkung, EE-Ausbau unter Bürgerbeteiligung, – Leben in der Region: soziale Aufgaben werden von Bürgern statt von Kommunen bewerkstelligt – Folgen: Problem der Dezentralisierung

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis vom INOLA-Arbeitsbericht Nr. 7.

Im Rahmen von Workshops, bei denen sich Wissenschaftler, Experten, regionale Akteure und Bürger austauschten, wurden zunächst verschiedene Szenarien für die drei Landkreise erarbeitet, die aufzeigen, wie sich das Oberland unter Einbezug der Interessen von Wirtschaft und Gesellschaft sowie verschiedener regionaler und externer Faktoren bis zum Jahr 2045 entwickeln könnte. Aus den

möglichen Szenarien wurde ein erwünschtes Szenario („*Nachhaltigkeit schafft Werte*“) als normative Vision ausgewählt. Dazu wurden im weiteren Projektverlauf Lösungsansätze in Form landkreisübergreifender Ausbaupfade, Handlungsstrategien und konkreter Maßnahmen zusammengestellt. Vorab fand außerdem eine Passantenbefragung statt, bei der rund 90% der Teilnehmer einer regionalen Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien zustimmten. Eine ausführliche Beschreibung der Befragung und der Entstehung der Szenarien findet sich in den INOLA-Arbeitsberichten Nr. 6 bzw. 7 und auf der Homepage von INOLA.

3 Definitionen und Methodisches Vorgehen

Zur Bestimmung der wirtschaftlichen Effekte, die im Rahmen einer beschleunigten Umsetzung der Energiewende im Bayerischen Oberland zu erwarten sind, wird eine Erweiterung der Input-Output-Analyse (IO-Analyse) verwendet. Diese Erweiterung ermöglicht es die IO-Analyse als Werkzeug zur Berechnung von Effekten innerhalb der Gesamtwirtschaft zu nutzen, wenn sich Rahmenbedingungen dieser ändern. Sie basiert auf einer Input-Output-Tabelle, die wiederum das Wirtschaftssystem in verschiedene Sektoren unterscheidet und die Interaktion zwischen diesen untersucht. Zumeist basieren Input-Output-Tabellen auf der Annahme, dass die Wirtschaft ein Kreislautsystem darstellt, dass also die Inputs bzw. die Produktionsfaktoren und Vorprodukte eines Wirtschaftssystems den Outputs bzw. den Endgütern wertmäßig entsprechen.

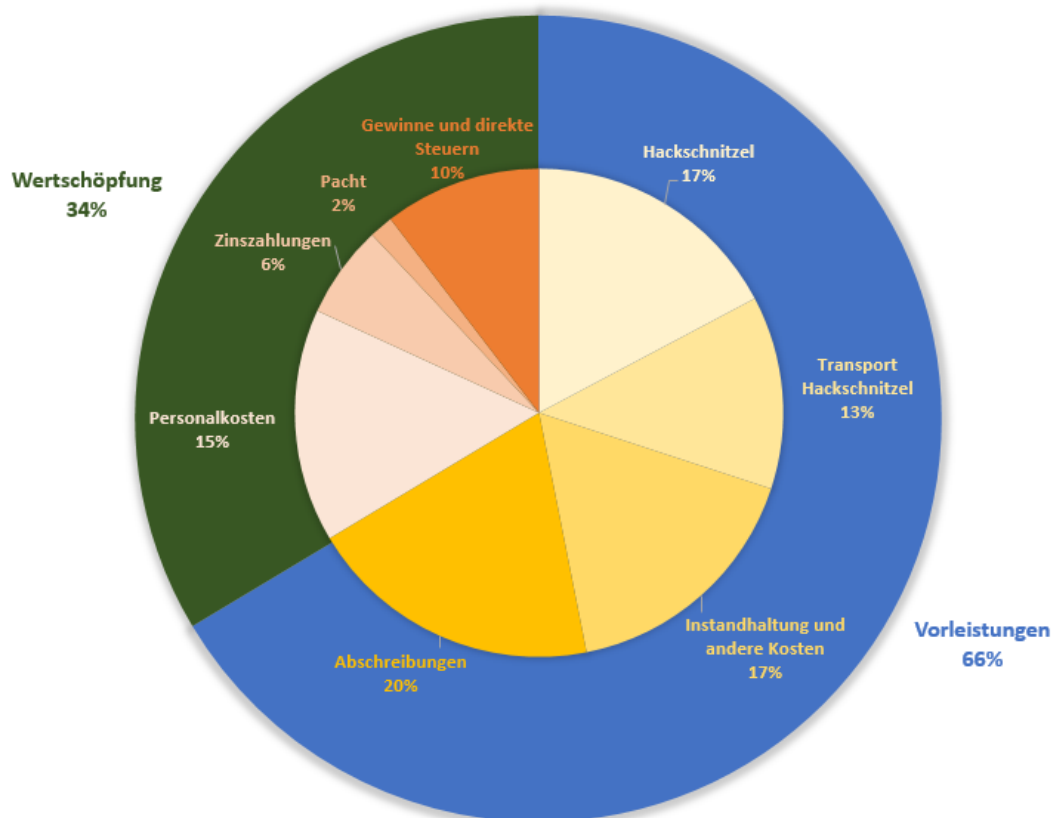
3.1 Wertschöpfung und Vorleistungen

Die **Wertschöpfung** misst den Wert der im Inland hergestellten Waren und Dienstleistungen und kann über zwei unterschiedliche Ansätze ermittelt werden. Einerseits ist sie als Wert aller Waren und Dienstleistungen definiert, die über den Zeitraum von einem Jahr in einer Volkswirtschaft bzw. in diesem Fall in der INOLA-Region hergestellt werden. Von der Summe der produzierten Güter sind die Vorleistungen abzuziehen, so dass es sich letztlich um eine Wertsteigerung auf den einzelnen Wertschöpfungsstufen handelt. Andererseits kann die Wertschöpfung über die mit der Erzeugung der Produkte und Dienstleistungen verbunden Einkünfte bestimmt werden. Die Wertschöpfung im Zuge der Energiewende schlägt sich also in zusätzlichen Einkommen nieder, zu denen neben **Einkünfte aus Arbeits- und Kapitaleinkommen auch Steuern und Gewinne zählen**. Erwartungsgemäß sollten beide Konzepte die gleichen Ergebnisse liefern, da davon Ausgegangen werden kann, dass nur die Güter (inkl. Dienstleistungen) am Markt verkauft werden können für die auch Einkünfte vorhanden sind um sie zu erwerben. In Summe sollte also der Wert der (zum Konsum und zur Investition bestimmten) Güter gleich dem Wert aller Einkünfte sein. In der Praxis können durch Lagerhaltung und Im- und Exporte jedoch Abweichungen auftreten. Die Wertschöpfung aus der Produktion eines Gutes besteht im zweiten Ansatz somit also aus der Summe aller Faktoreinkommen, d.h. aller Löhne, Gehälter, Gewinne und Steuern, die direkt aus der Produktion eines Gutes entstehen. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Wenn ein Handwerker Photovoltaikmodule auf dem Dach eines Kunden anbringt und dies für den Endkunden Installationskosten in Höhe von 4.000€ verursacht, geht nur ein Teil davon in die regionale Wertschöpfung ein. Entstehen dem Handwerker bspw. 3.000€ Kosten für den Einkauf der verbauten PV-Module, so reicht er diese Kosten an den Kunden weiter. Somit liegt die Höhe der Vorleistungen bei 3.000€, während die Wertschöpfung die verbleibenden 1.000€ ausmacht. Letztere umfasst dann unter anderem den Lohn für einen Auszubildenden des Handwerkers, den erzielten Gewinn des Handwerkers und die zu entrichtenden Steuern. Neben der Installation erzeugen auch die Herstellung und der Verkauf der Photovoltaikmodule eine Wertschöpfung. Da diese aber auf vorgelagerten Produktionsstufen erfolgen, werden sie im Zuge der Installation als Vorleistungen bewertet und fließen somit nicht in die Berechnung der Wertschöpfung auf dieser Stufe ein. Die Wertschöpfung auf den vorgelagerten Produktionsstufen ist daher separat zu betrachten. Findet die Herstellung der Module in einer anderen als der betrachteten Region statt (Import), hat die Produktion auf der Vorstufe keinerlei Auswirkungen auf die berechnete Wertschöpfung in der Modellregion.

Detailliert kann der Unterschied zwischen der Wertschöpfung selbst und den zu vernachlässigenden Vorleistungen am Beispiel der Kosten zum Betrieb einer Biomasseanlage nach den Kostenangaben von Hirschl et al. (2010) verdeutlicht werden. In Abbildung 3.1 ist zu erkennen, dass etwa ein Drittel der Kosten beim Betrieb der Biomasseanlage in Form von Pacht, Personalkosten, Gewinn, Steuern und Zinszahlungen direkt in deren Wirtschaftszweig als Wertschöpfung anfallen. Zwei Drittel der Kosten beim Betrieb einer Biomasseanlage werden für Vorleistungen aufgebracht und fallen in anderen Wirtschaftszweigen an, wie beispielsweise die Hackschnitzel im Bereich der Landwirtschaft.

Abbildung 3.1: Zusammensetzung der Wertschöpfung und der Vorleistungen als Kostenpositionen beim Betrieb einer Biomasseanlage



Quelle: Eigene Darstellung nach Hirschl et al. (2010)

3.2 Einordnung der Bewertungsmethode

In der Literatur finden sich drei Bewertungsmethoden, durch die sich wirtschaftliche Effekte von neuen Industrieentwicklungen im Allgemeinen und der verstärkten Einführung von erneuerbaren Energien im Speziellen ermitteln lassen. Im Folgenden werden die Beschäftigungsquoten, die Analyse der Wertschöpfungsketten und Input-Output-Analysen kurz erläutert.

Die Methode der Beschäftigungsquoten basiert auf einer einfachen Abschätzung der Beschäftigungseffekte mithilfe der Quoten von Beschäftigten pro Einheit installierter Kapazität, meist in Beschäftigte pro zusätzlichem Kilowatt. Diese Methode wird beispielsweise von Simons und Peterson (2001) verwendet. Der Vorteil an dieser Methode ist, dass sie sehr einfach ausgeführt werden kann, leicht darstellbar ist und durch politische Vertreter oder die Medien mit nur wenig Erläuterung korrekt

interpretiert werden kann. Problematisch ist jedoch die mangelnde Übertragbarkeit der Quoten auf andere Regionen. Außerdem wird häufig nicht zwischen verschiedenen Arten der Beschäftigung wie Teil- und Vollzeit oder Lohnniveaus hinreichend differenziert (Render 2017). Zudem kann die Beschäftigungsquotenmethode Wertschöpfungseffekte nicht in hinreichender Form darstellen.

Die Analyse von Wertschöpfungsketten ist die verbreitetste Methode zur Berechnung der wirtschaftlichen Effekte. Sie findet sich bspw. bei Hirschl et al. (2010), Hirschl et al. (2015) und Render (2017). Da in dieser Arbeit zur Abschätzung der Anlagenkosten zumeist Daten von Hirschl et al. (2010) sowie Hirschl et al. (2015) verwendet werden, geht die Analyse von Wertschöpfungsketten indirekt auch in diese Arbeit mit ein. Die Methode zur Analyse von Wertschöpfungsketten ermöglicht häufig eine detaillierte Darstellung der Kostenpositionen verschiedener Technologien. Ein weiterer Vorteil liegt in der intuitiven Verständlichkeit für viele Akteure, da die Bewertungsmethode große Ähnlichkeiten zur betriebswirtschaftlichen Unternehmensrechnung aufweist.

Input-Output-Analysen finden insbesondere in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) Berücksichtigung. Hierbei werden in einer Input-Output-Tabelle die Wertschöpfungseffekte von bestimmten Wirtschaftszweigen auf andere abgebildet. Durch Input-Output-Analysen können sowohl indirekte als auch direkte Effekte differenziert abgebildet werden. Der vorliegende Arbeitsbericht verwendet zur Bewertung der wirtschaftlichen Effekte einer regionalen Energiewende im Oberland eine methodische Erweiterung und Weiterentwicklung der klassischen Input-Output-Analyse.

3.3 Vergleich der Analysen von Wertschöpfungskette gegenüber Input-Output-Analyse

Analysen der Wertschöpfungsketten können sehr präzise abbilden, wie viele Ressourcen in dem Bereich der erneuerbaren Energien genutzt werden und welche Wertschöpfungen in diesem speziellen Bereich erzielt werden können. Die Wirtschaftszweige der erneuerbaren Energien sind jedoch nicht autonom, sondern in vielfältiger Weise mit anderen Wirtschaftszweigen und Regionen verknüpft. Dies kann dazu führen, dass zusätzliche Wertschöpfung im Bereich der erneuerbaren Energien die Wertschöpfung in anderen Wirtschaftszweigen oder anderen Regionen verdrängt oder erhöht. Solche indirekten Effekte lassen sich mithilfe von Input-Output-Analysen wesentlich besser abbilden als mit Analysen von Wertschöpfungsketten.

Die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Wirtschaftszweigen der erneuerbaren Energien und anderen Wirtschaftszweigen lässt sich an zwei Effekten besonders gut zeigen: dem Knappheitseffekt und dem Mehrrundeneffekt.

Der Knappheitseffekt beschreibt, dass verschiedene Ressourcen nur in einer bestimmten Menge vorhanden sind und sich nicht einfach dem Bedarf anpassen können (beispielsweise Fachkräfte). Daraus folgt, dass eine stärkere Nutzung einer Ressource in einem Wirtschaftszweig zwangsläufig die Nutzung dieser Ressource in anderen Wirtschaftszweigen reduziert. Generell lässt sich dies gut an Arbeitskräften veranschaulichen. Bei einer Knappheit an Fachkräften, wie sie insbesondere im Süden Deutschland herrscht (BMW 2018b), bedeutet dies Folgendes: Wenn vermehrt Fachkräfte im Bereich der erneuerbaren Energien nachgefragt werden, so fehlen diese wiederum in anderen Wirtschaftszweigen, bspw. im Maschinen- oder Anlagenbau, der dann wiederum eine geringere Wertschöpfung ausweist. Ähnlich ist es auch bei der Ressource Land. Offensichtlich kann Land nur schwierig vermehrt werden. Demnach führt die Nutzung von Land durch den verstärkten EE-Ausbau

dazu, dass diese Ressource nicht mehr für andere Produktionsprozesse bzw. von anderen Wirtschaftszweigen genutzt werden kann (z.B. Agrarflächen die Mais für Biogas herstellen, stellen keinen Mais mehr für die Viehzucht her oder Flächen auf denen eine Photovoltaikanlage steht, stellen überhaupt keine landwirtschaftlichen Produkte mehr her). In einer Wertschöpfungsanalyse, die ausschließlich die erneuerbaren Energien betrachtet, wird somit die Pacht einer bestimmten Fläche Land, z.B. für eine neue Windkraftanlage, als positive Wertschöpfung ausgewiesen. Dass dieses Land jedoch nicht mehr von einem anderen Wirtschaftszweig wie z.B. der Landwirtschaft genutzt werden kann – was zu einem potenziellen Wertschöpfungsrückgang in diesem Bereich führt –, kann in einer Analyse der Wertschöpfungskette nur bedingt berücksichtigt werden.

Zuletzt können in Input-Output-Analysen Mehrrundeneffekte abgebildet werden. Die Idee des Mehrrundeneffekts ist es, dass die Nachfrage nach einem bestimmten Gut in einem Wirtschaftszweig auch die Nachfrage in den Wirtschaftszweigen erhöht, die die Vorprodukte herstellen. In einigen Analysen von Wertschöpfungsketten wird die erste Runde häufig noch berücksichtigt, also die direkten Vorprodukte von erneuerbaren Energien. Hingegen werden die weiteren Runden, sprich die Vorprodukte der Vorprodukte usw., meist nicht mehr berücksichtigt. Da dieser Effekt beliebig viele Runden andauern kann, lässt er sich nicht mit einer Analyse der Wertschöpfungsketten fassen. In der Input-Output-Analyse kann dieser Effekt durch die Erstellung der sogenannten Leontief-Inverse problemlos berücksichtigt werden.

Die Input-Output-Analyse kann somit im Vergleich zur Wertschöpfungsanalyse deutlich besser die indirekten Effekte abbilden. Entsprechend können die Effekte, die von Input-Output-Analysen aufgezeigt werden, als gesamtwirtschaftliche Effekte interpretiert werden. Hierin unterscheidet sich die Input-Output-Analyse von der Analyse der Wertschöpfungsketten, die zwar Wertschöpfungen in ihrem speziellen Bereich aufzeigen, diese aber aufgrund der indirekten Effekte nicht als gesamtwirtschaftliche Effekte interpretieren kann. Insbesondere die Effekte einer verstärkten Einführung erneuerbarer Energien auf weitere Wirtschaftszweige einer Region kann mit einer Input-Output-Analyse sehr gut dargestellt werden. Diese zusätzlichen Informationen, die die IO-Analyse bietet, sind für politische Entscheidungsträger von hoher Bedeutung, um frühzeitig entstehende Trade-Offs bei der Förderung bestimmter Wirtschaftszweige zu erkennen und mit geeigneten Maßnahmen gegensteuern zu können.

Ein Problem, das häufig bei Input-Output-Analysen auftritt, ist, dass die zugrundeliegenden Daten in nicht hinreichender räumlicher Auflösung oder nicht in der benötigten Wirtschaftszweiggliederung vorliegen. Mit diesem Problem im Rahmen des INOLA-Projekts beschäftigt sich Kapitel 3.4.2.

3.4 Methodik zur Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

3.4.1 Aufbau der Input-Output-Tabelle

Die Input-Output-Analyse basiert auf einer Matrix (Input-Output-Tabelle), welche die Verflechtungen der Sektoren bzw. Wirtschaftszweige⁷ untereinander, sowie die Verwendung der Güter und die für

⁷ Im Folgenden wird statt des Begriffs Sektor der Begriff Wirtschaftszweig verwendet.

die Produktion benötigten Produktionsfaktoren darstellt. Sie besteht aus vier Teilen. Die Elemente der Matrix sind meistens in Geldeinheiten der Landeswährung angegeben. Die Elemente der Input-Output-Tabelle vom Statistischen Bundesamt werden beispielweise in Millionen Euros angegeben (Destatis, 2019). Abbildung 3.2 zeigt zur Veranschaulichung eine Input-Output-Tabelle von Destatis (2019) mit nur drei Wirtschaftszweigen, in der die Teilmatrizen jeweils markiert sind.

Abbildung 3.2: Darstellung einer Input-Output-Tabelle mit drei Wirtschaftszweigen

Aufkommen	Verwendung					
	Input der Produktionsbereiche				Letzte Verwendung von Gütern	Gesamte Verwendung von Gütern
	Primärer Bereich ¹	Sekundärer Bereich ²	Tertiärer Bereich ³	zusammen		
Primärer Bereich ¹	13,3	41,8	2,5	57,6	37,3	94,9
Sekundärer Bereich ²	13,7	1 063,7	220,8	1 298,2	1 897,0	3 195,2
Tertiärer Bereich ³	14,5	433,6	1 034,0	1 482,1	2 001,0	3 483,2
Vorleistungen der Produktionsbereiche beziehungsweise letzte Verwendung von Gütern	41,5	1 539,1	1 257,3	2 837,9	3 935,3	6 773,3
Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen	1,7	11,8	57,5	70,9	232,6	303,5
Vorleistungen der Produktionsbereiche beziehungsweise letzte Verwendung von Gütern zu Anschaffungspreisen	43,2	1 550,8	1 314,9	2 908,9	4 167,9	7 076,8
Arbeitnehmerentgelt im Inland	7,1	434,3	1 099,3	1 540,8	X	X
Sonstige Produktionsabgaben abzüglich sonstige Subventionen	-5,1	-0,4	2,9	-2,7	X	X
Abschreibungen	9,6	125,9	400,8	536,4	X	X
Nettobetriebsüberschuss	7,3	173,9	489,6	670,9	X	X
Bruttowertschöpfung	19,0	733,7	1 992,6	2 745,3	X	X
Produktionswert	62,2	2 284,6	3 307,5	5 654,2	X	X
darunter: Firmeninterne Lieferungen und Leistungen	8,8	140,8	-	149,6	X	X
Importe gleichartiger Güter zu cost, insurance, freight (cif)-Preisen	32,7	910,6	175,7	1 119,1	X	X
darunter: Importe gleichartiger Güter aus EU-Ländern zu cost, insurance, freight (cif)-Preisen	19,4	514,5	99,7	633,6	X	X
Gesamtes Aufkommen an Gütern	94,9	3 195,2	3 483,2	6 773,3	X	X

1: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei.
2: Produzierendes Gewerbe.
3: Private und öffentliche Dienstleistungen.

X = Tabellenfach gesperrt, weil Aussage nicht sinnvoll ist.
- = Nichts vorhanden.

Quelle: Destatis (2019) mit eigener Markierung der drei Teilmatrizen.

Zusätzlich zu den Teilmatrizen sind in ihr auch Zwischensummen aufgeführt. Diese spielen auf theoretischer Ebene jedoch keine Rolle. Der Teil links oben wird im Folgenden als Vorproduktsmatrix H bezeichnet und stellt die Verknüpfungen der Zwischengüter dar. Diese Teilmatrix H ist quadratisch und die Anzahl der Spalten und Zeilen entspricht der Anzahl der betrachteten Wirtschaftszweige. Die Zeile i dieser Matrix gibt den Wert der Güter an, die der Wirtschaftszweig i an andere Wirtschaftszweige verkauft. Das Element der Zeile i und Spalte j h_{ij} gibt somit den Wert der Güter an, die der Wirtschaftszweig i an Wirtschaftszweig j verkauft. Umgekehrt geben die Spalten den Wert der Vorprodukte an, die ein bestimmter Wirtschaftszweig von anderen Wirtschaftszweigen jeweils kauft. Die Summe der Spalte und die Summe der Zeile eines Wirtschaftszweigs i sollten sich entsprechen. Die grundsätzliche Idee hinter den Wirtschaftszweigen ist, dass jeder Wirtschaftszweig exakt ein Gut mit exakt einer Produktionstechnologie herstellt. Eine so genaue Tabelle ist in der Forschung kaum zu erzeugen und wäre auch schwer zu interpretieren. Je nach Anwendungsfall sind jedoch auch deutlich höhere Aggregierungsniveaus ausreichend in denen aggregierte Wirtschaftszweige repräsentative Güter, sogenannte homogene Güter, herstellen.

Die zweite Teilmatrix ist die Matrix B links unten. Diese Matrix gibt an, welche Produktionsfaktoren zur Herstellung benötigt werden. Klassischerweise sind das die zwei Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital. Es ist jedoch auch möglich die Matrix B um weitere Produktionsfaktoren, wie Landflächen zu erweitern oder Produktionsfaktoren zu disaggregieren, beispielsweise kann Arbeit in Niedrig-, Mittel- und Hochqualifizierte aufgeteilt werden. Das Element b_{ij} gibt also an, wie viel des Produktionsfaktors i für den Wirtschaftszweig j aufgewendet wird.

Die Teilmatrix D befindet sich rechts oben und gibt die Endnutzungszahlen an. Diese Endnutzung besteht nicht nur aus Konsum, sondern schließt auch andere Letztverwendungsorte eines Gutes in der Betrachtungsperiode ein, wie Investitionen, Lagerhaltung, Importe und Exporte. Das Element d_{ij} gibt somit an, wie viel des Produkts des Wirtschaftszweigs i in die Endnutzung j eingeht

Bei einer Input-Output-Tabelle der gesamten Welt müssten sich die Zeilensumme der Endnutzung und die Spaltensumme der Produktionsfaktoren entsprechen. Dies trifft aufgrund von unausgeglichene Handelsbilanzen jedoch nicht zwangsläufig auf Länder- oder Regionalebene zu. Für jeden einzelnen Wirtschaftszweig gilt, dass die Summe der Kosten aller eingekauften Vorprodukte und Produktionsfaktoren, der Summe der Einnahmen aller verkauften Vorprodukte und Endprodukte entsprechen muss.

3.4.2 Die Input-Output-Tabelle im Projekt INOLA

Im Rahmen von INOLA wird die Wirtschaft in 32 Wirtschaftszweige, die in Tabelle 3.1 näher spezifiziert sind, aufgeteilt. Der Produktionsfaktor Arbeit wird in drei Qualifikationsstufen unterteilt: Niedrigqualifizierte, Fachkräfte und Hochqualifizierte. Darüber hinaus werden die IO-Tabellen von den drei Landkreisen an die Tabelle für den Rest von Deutschland und die Tabelle vom Rest der Welt gekoppelt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die INOLA-Region wirtschaftlich nicht isoliert ist, sondern Produkte und Dienstleistungen aus dem Rest des Landes und der Welt bezieht bzw. in andere Regionen verkauft.

Box 3.1: Vereinfachtes Beispiel einer Input-Output-Tabelle

Die untere Matrix soll als einfaches Beispiel dazu dienen, die Elemente einer Input-Output-Tabelle und die Verknüpfungen zwischen den Wirtschaftszweigen, zu verstehen. Zur besseren Veranschaulichung wird in dem Beispiel der abgebildeten kleinen Ökonomie davon abstrahiert, dass die Elemente der Input-Output-Tabelle in Geldeinheiten ausgedrückt werden. In dieser kleinen Ökonomie muss der Landwirtschaft-Wirtschaftszweig 3 Produkteinheiten aus der Landwirtschaft, eine Produkteinheit aus dem Wirtschaftszweig *Stromerzeugung* und 2 Produkteinheiten aus dem Wirtschaftszweig *Maschinenbau* als Vorprodukte einkaufen. Er verkauft dann wiederum zwei Produkteinheiten an den Stromerzeugungs-Wirtschaftszweig und eine an den Transport-Wirtschaftszweig.

$$\begin{pmatrix} \text{Einkauf} \backslash \text{Verkauf} & \text{Landwirtschaft} & \text{Stromerzeugung} & \text{Maschinenbau} \\ \text{Landwirtschaft} & 3 & 2 & 1 \\ \text{Stromerzeugung} & 1 & 1 & 2 \\ \text{Maschinenbau} & 2 & 1 & 4 \end{pmatrix}$$

Um etwas herstellen zu können, werden jedoch Produktionsfaktoren benötigt. Diese sind Arbeiter und Kapital. Die Produktionsfaktoren werden unter die Einkäufe geschrieben und sind gewissermaßen die ursprünglichen Einkäufe. Außerdem werden nicht alle Produkte als Vorprodukte verwendet, sondern auch zur Endnutzung für den Konsum oder als Investition von der Bevölkerung gekauft. Erweitert um diese Informationen sieht die kleine Volkswirtschaft wie unten dargestellt aus.

$$\begin{pmatrix} \text{Einkauf} \backslash \text{Verkauf} & \text{Landwirtschaft} & \text{Stromerzeugung} & \text{Maschinenbau} & \text{Endnachfrage} \\ \text{Landwirtschaft} & 3 & 2 & 1 & 7 \\ \text{Stromerzeugung} & 1 & 1 & 2 & 5 \\ \text{Maschinenbau} & 2 & 1 & 4 & 8 \\ \text{Arbeitseinheiten} & 4 & 2 & 4 & \\ \text{Kapitaleinheiten} & 3 & 3 & 4 & \end{pmatrix}$$

Der Landwirtschaft-Wirtschaftszweig verkauft zusätzlich zu den oben genannten Vorprodukten, 7 Produkteinheiten an Endkunden. Zur Produktion benötigt er dabei vier Arbeitseinheiten und drei Kapitaleinheiten (bspw. Maschinen).

Einteilung der Wirtschaftszweige

Die für die Input-Output-Analyse erstellte Wirtschaftszweigzuordnung wird durch die von den Datenquellen verwendeten Klassifizierungen bedingt und stellt somit eine Zusammenführung dreier unterschiedlicher Klassifizierungs-Methoden dar.

Zum einen wird die Zuordnungsmethode NACE Revision 2 des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2008) genutzt, da die meisten verwendeten Daten, wie z.B. die Beschäftigtenzahlen auf nationaler Ebene, in dieser Zuordnung vorliegen. Diese Wirtschaftszweigzuordnung ist im Anhang in Tabelle 8.1 einzusehen. Die Bundesagentur für Arbeit gibt die Beschäftigtenzahlen der drei im INOLA-Projekt involvierten Landkreise in der Wirtschaftszweigzuordnung an, die im Anhang in Tabelle 8.2 angegeben ist. Diese entspricht in weiten Teilen der Destatis-Zuordnung, jedoch nur auf der gröberen Abschnittsebene und nicht auf der in Tabelle 8.1 angegebenen Abteilungsebene. Zuletzt wird noch die Wirtschaftszweigzuordnung von Exiobase (Wood et al. 2015) verwendet, da diese eine bessere Auflösung der Energieproduktion nach den verschiedenen Technologien ermöglicht. Sie findet sich ebenfalls im Anhang in Tabelle 8.3. Auf eine Übersetzung der in Englisch bezeichneten Wirtschaftszweige

wird verzichtet, um mögliche Verwechslungen beim Vergleich mit der ursprünglichen Exiobase-Zuordnung zu vermeiden.

Tabelle 3.1 zeigt die Einteilung der Wirtschaftszweige, die für die ökonomische Betrachtung im vorliegenden Arbeitsbericht des INOLA-Projektes sinnvoll erschien. Dabei flossen die drei zuvor beschriebenen Methoden des Statistischen Bundesamtes, der Bundesagentur für Arbeit und der Exiobase ein. Die beiden ersten Spalten beschreiben die gewählte Einteilung, Spalte 3 bis 5 verweisen hingegen auf die Wirtschaftszweige der zugrunde gelegten Zuordnungsmethode. Wenn ein Wirtschaftszweig aus einer der drei ursprünglichen Zuordnungen in mehrere unterschiedliche Sektoren der gewählten Einteilung einfließt, so wird die betroffene Größe mit den jeweiligen Teilgrößen gewichtet und fließt entsprechend nur mit einem gewichteten Anteil in die verschiedenen Wirtschaftszweige ein.

Tabelle 3.1: Einteilung der Wirtschaftszweige in Anlehnung an NACE, Bundesagentur für Arbeit und Exiobase

Verwendete Wirtschaftszweigzuordnung in INOLA		Enthaltene Werte aus:		
Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	NACE	Bundesagentur für Arbeit	Exiobase
1	Landwirtschaft, Forsterei and Fischerei	1- 3	1	1-15, 18, 19, 61, 62
2	Bergbau und Steinbrüche Erdöl, -gas? Rohstoffgewinnung/-abbau (Kohle, Erdöl/-gas, Erz, Steine)	5-9	2	20-34
3	Lebensmittel, Getränke, Tabak-, Textil- und Lederwaren	10-15	3	35-49
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung, Freizeitangebote	16-18, 58-60, 90-93	3, 5, 10, 19	50, 51, 55, 133, 160
5	Koks und raffinierte Erdölprodukte	19	5	56, 57
6	Chemie-industrie (Chemische & ... Produkte) und Pharmazeutika	20, 21	3, 5	58, 59, 61-63
7	Gummi-, Kunststoff-, Glas- und Keramikprodukte	22, 23	5	60, 64-69, 71
8	Metall, Metallprodukte, Maschinen, (Fahrzeuge, elektronische & sonst. Produkte) Ausrüstung und sonstige Produkte	24-32	3, 4	58, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84-93
9	Wasserversorgung, Kanalisation, Abfallwirtschaft und Sanierungen	36-39	2	58, 94, 95, 112, 139-145, 148-158

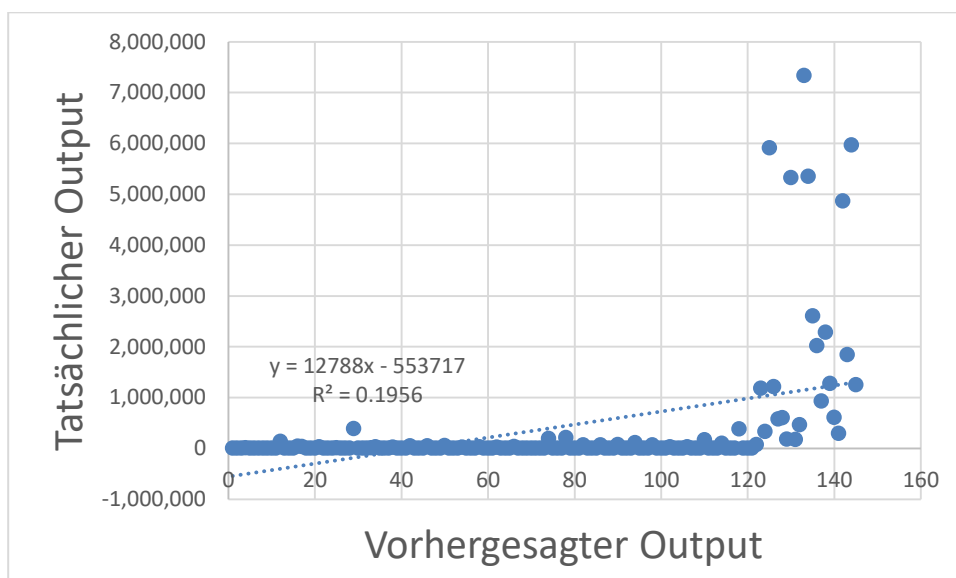
10	Strom aus Kohle	35	2	96
11	Strom aus Gas	35	2	97
12	Strom aus Wasserkraft	35	2	99
13	Strom aus Windkraft	35	2	100
14	Strom aus Biomasse und Abfall	35	2	146, 147
15	Strom aus Sonnenenergie (PV und thermisch)	35	2	
16	Sonstiger Strom inkl. Kernkraft und Öl; Dampf und Wassererhitzung	35	2	98, 101, 111
17	Stromübertragung	35	2	108
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	35	2	109
19	Gasherstellung; Verteilung von gashaltigen Brennstoffen über das Stromnetz	35	2	110
20	Bauindustrie	41-43	6	113
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren/Fahrzeuge	33, 45-47, 95	4, 7, 19	87, 115-118
22	Hotels und Restaurants (Hotel- und Gastgewerbe)	55, 56	9	119
23	Verkehr Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	49-53, 61	8, 10	120-127
24	Finanz- und Versicherungsgeschäftswesen	64-66	11	128-130
25	Immobilien und Grundstücke	68	12	131
26	Leih- und Leasinggeschäfte; sonstige Unternehmensdienstleistungen	69-71, 73-75, 77-82	12, 13, 14	126, 132, 135, 138, 161, 162
27	Programmierung und IT-Dienstleistungen	62, 63	10	87, 133, 135
28	Wissenschaft und Entwicklung	72	12	134
29	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialsystem	84	15	136, 163

30	Bildung	85	16	137
31	Gesundheitswesen und Sozialarbeit	86-88	17, 18	
32	Aktivitäten von Mitgliedsorganisationen und andere persönliche Dienstleistungen	94, 96, 97	19	159, 162, 163

3.4.3 Die Input-Output-Analyse im Projekt INOLA

Mithilfe dieser Input-Output-Tabellen können bereits erste Analysen gemacht werden. Die Möglichkeiten der Analyse sind jedoch beschränkt, insbesondere wenn sich die Menge der primären Produktionsfaktoren (z.B. Arbeit und Kapital) nicht frei an den Bedarf anpassen kann. Außerdem führen Änderungen dazu, dass Inkonsistenzen in Vergleich zu den realen Daten oder innerhalb der veränderten Tabellen auftreten. Fisher und Marshall (2011) haben eine Methode entwickelt, wie dennoch die Ergebnisse über die Moore-Penrose Pseudoinverse sehr gut angenähert werden können. Diese Methode kann jedoch nicht ohne weiteres auf unsere Analyse angewandt werden, weil sie absolute Abweichungen minimiert. Das hat zur Folge, dass große Wirtschaftszweige und Regionen deutlich stärker als kleine gewichtet werden. Im Rahmen von INOLA interessieren aber insbesondere die relativen Abweichungen, da sonst die Wirtschaftszweige des Rests der Welt das Ergebnis der Wirtschaftszweige in der INOLA-Region dominieren - relativ große Änderungen in einem Landkreis sind absolut und global gesehen nicht bedeutend. Dies muss in der Methodik berücksichtigt werden, da für unsere Analyse insbesondere die kleinräumigen, regionalen Effekte relevant sind.

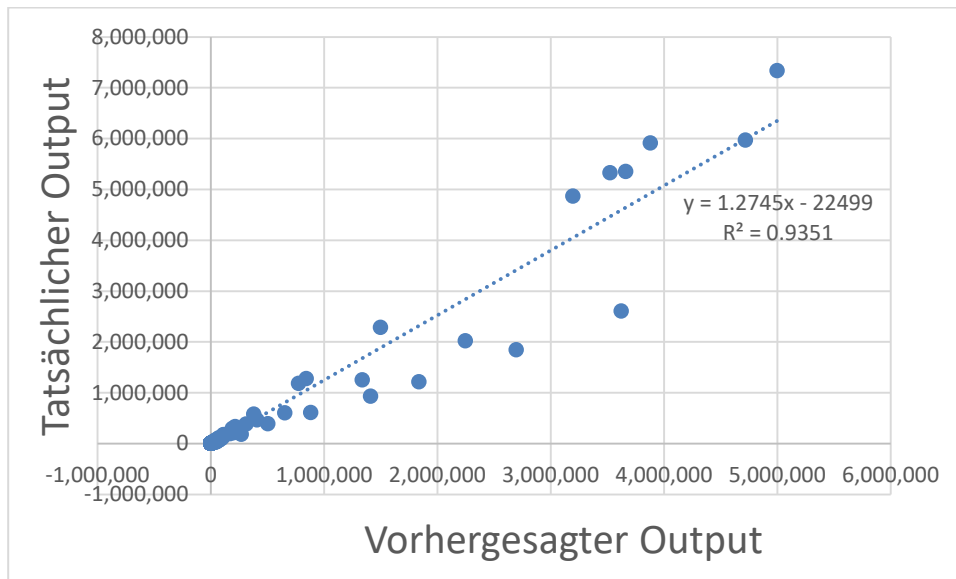
Abbildung 3.3: Abweichung vorhergesagte und reale Werte mit Fisher und Marshall Methode



Um dieses Problem zu umgehen, wurde für dieses Projekt eine neue Anpassungsmethode entwickelt, welche die relativen Abweichungen zwischen dem Modell und den historischen Daten minimiert. Die Fortschritte durch diese verbesserte Methodik sind in Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 zu erkennen, in der die Prognosegenauigkeit von Fisher und Marshall (2011) mit der weiterentwickelten INOLA-Methode verglichen wird. Die deutlich höhere Übereinstimmung zwischen realen und vorhergesag-

ten Werten mit der INOLA-Optimierung (Abbildung 3.4) gegenüber dem normalen Fisher und Marshall Ansatz (Abbildung 3.3) ist deutlich zu erkennen.

Abbildung 3.4: Abweichung vorhergesagte und reale Werte mit INOLA Optimierung



Eine weitere Innovation, die in Input-Output-Analyse für das INOLA-Projekt implementiert wird, ist die Berücksichtigung von Verdrängungseffekten (Benz et al., 2014). Hierbei können Beschränkungen von Produktionsfaktoren, wie die mangelnde Mobilität von Arbeitskräften besser abgebildet werden. So wandern bei einer Steigerung der Nachfrage nach Arbeitskräfte in einem Wirtschaftsbereich, diese aus anderen Wirtschaftsbereichen ab, wodurch in deren ursprünglichen Wirtschaftsbereichen die Wertschöpfung sinkt.

4 Bewertung des beschleunigten EE-Ausbaus

4.1 Betrachtete Technologien erneuerbarer Energien

Diese Studie fokussiert sich auf den erneuerbaren Energieausbau. Dies schließt also Energieträger aus, die entweder nicht regenerativ sind oder sich nur über so lange Zeiträume regenerieren, dass der Zeitraum weit über der politischen Planbarkeit liegt bzw. nur in geologischen Zeiträumen von Interesse ist. Diese Definition der regenerativen Energien schließt insbesondere fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas oder Kohle aus. Aufgrund des politisch beschlossenen Ausstiegs aus der Kernkraft, der auf einem gesellschaftlichen Konsens über die Risiken der Kernkraftnutzung basiert, wird auch diese Technologie in dieser Studie nicht berücksichtigt. Des Weiteren wurden die betrachteten Technologien angesichts der zuvor bestimmten Potenziale innerhalb der INOLA-Region ausgewählt (s. dazu INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3). Dies schließt beispielsweise die Offshore-Energie aufgrund des fehlenden Meereszugangs der INOLA-Region aus. Somit verbleiben als Technologien in dieser Analyse Onshore-Windkraftanlagen, PV-Kleinanlagen, PV-Großanlagen auf Dachflächen und auf Freiflächen, Solarthermie-Kleinanlagen, Solarthermie-Großanlagen, Biogas- sowie Biomasseanlagen, Wärmepumpenanlagen, Geothermie-Anlagen für tiefere Erdschichten sowie Wasserkraftanlagen.

4.2 Ausbaupfade Erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung

Aus den Erkenntnissen der Ist- und Potenzialanalyse sowie aus dem partizipativen Prozess wurden Ausbaupfade sowohl für die Strom- und Wärmeerzeugung als auch für die Gebäudesanierung erarbeitet. Die zwei Ausbaupfade für erneuerbare Energien, die in dieser Studie untersucht werden, treiben die verschiedenen Technologien unterschiedlich stark voran. Sie generieren somit auch unterschiedliche Wertschöpfungseffekte, die im Abschnitt 4.4 näher untersucht werden.

Ausbaupfad 1 enthält alle rechtlichen Einschränkungen des EE-Ausbaus, die zurzeit existieren und im sogenannten Regionalplan festgeschrieben sind. Einschränkungen wie bspw. die bayerische 10-H-Regelung, die vorsieht, dass der Abstand von Windkraftanlagen zu Wohnhäusern mindestens dem Zehnfachen der Höhe der Windkraftanlagen entsprechen muss, wurden somit in Ausbaupfad 1 berücksichtigt. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen wird ein optimaler Ausbaupfad zum Erreichen des regionalen Ziels von 100% erneuerbarer Energie errechnet. In Abbildung 4.1 ist der daraus folgende Ausbaupfad 1 der verschiedenen Technologien (in kW neu installierter Leistung pro Jahr) angegeben. Der Ausbau ist über den Zeitraum vom Jahr 2020 bis 2034 zu erkennen. Tabelle 4.1 liefert ein Verzeichnis über die in den Abbildungen verwendeten Abkürzungen der jeweiligen Anlagentypen und weist auf die Stelle in dieser Studie hin, wo die Kostenstruktur beschrieben wird.

Abbildung 4.1: Ausbaupfad Erneuerbare Energien 1

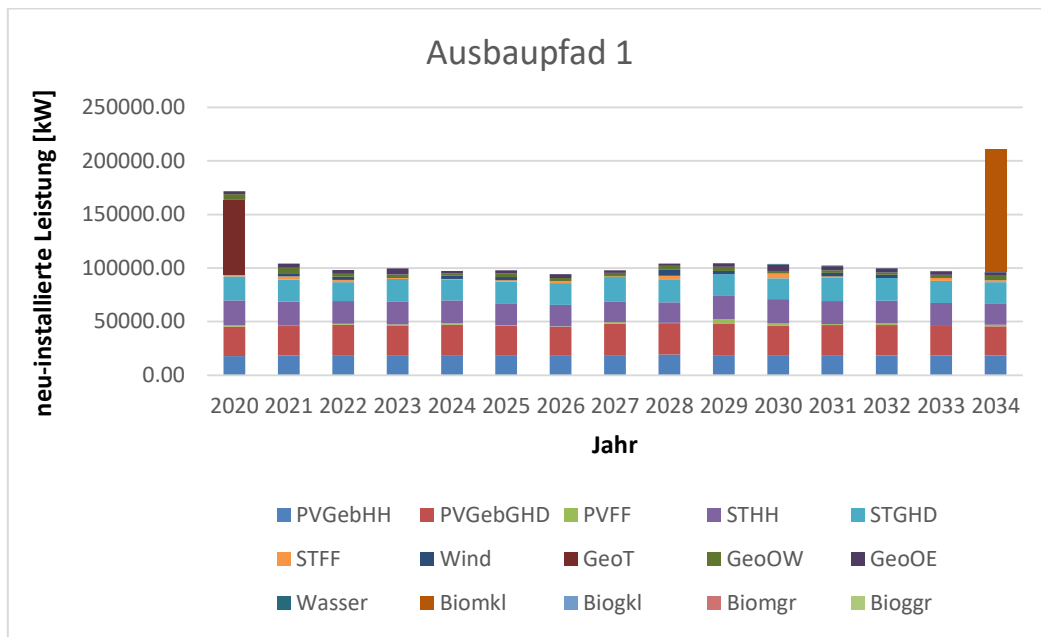


Tabelle 4.1: Abkürzungen Anlagentypen

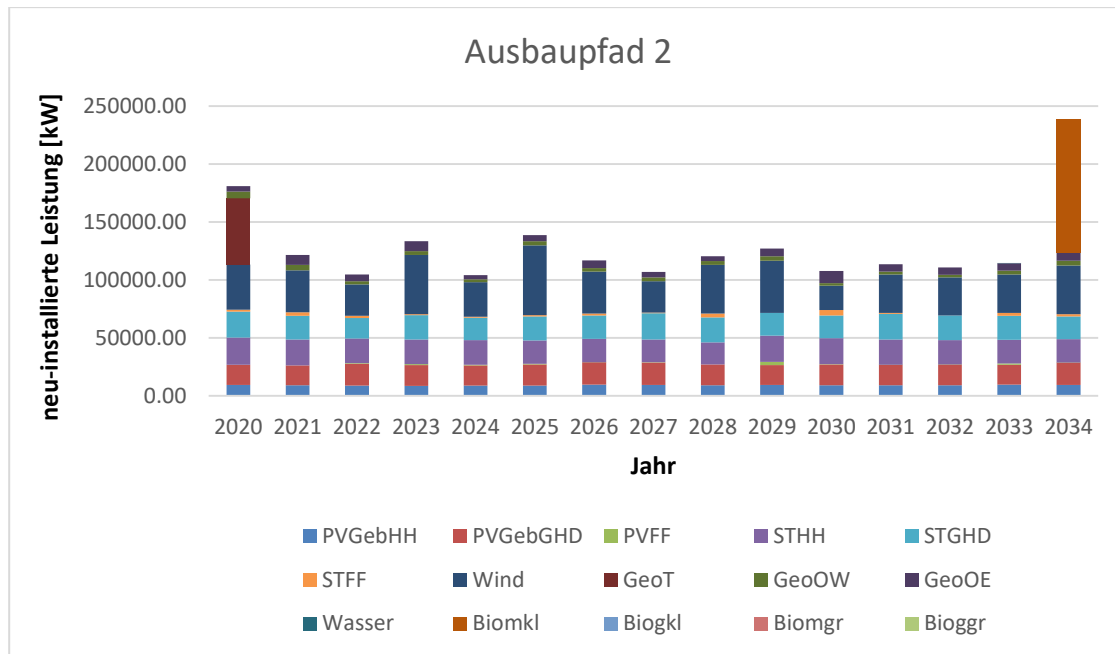
Abkürzung	Anlagentyp	Kostenstruktur
PVGebHH	Photovoltaik Gebäude Haushalte	Siehe S. 30 ff
PVGebGHD	Photovoltaik Gebäude Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	Siehe S. 34 ff
PVFF	Photovoltaik Freiflächen	Siehe S. 37 ff
STHH	Solarthermie Haushalte	Siehe S. 40 ff
STGHD	Solarthermie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	Siehe S. 43 ff
STFF	Solarthermie Freiflächen	Siehe S. 43 ff
Wind	Windkraftanlagen	Siehe S. 27 ff
GeoT	Geothermie Tief	Siehe S. 56 ff
GeoOW	Geothermie Oberfläche Wärme	Siehe S. 56 ff
GeoOE	Geothermie Oberfläche Energie	Siehe S. 56 ff
Wasser	Wasserkraftanlagen	Siehe S. 60 ff
Biomkl	Biomasse klein	Siehe S. 50 ff
Biogkl	Biogas klein	Siehe S. 46 ff
Biomgr	Biomasse groß	Siehe S. 50 ff
Bioggr	Biogas groß	Siehe S. 46 ff

Sowohl für Ausbaupfad 1 als auch für den folgenden Ausbaupfad 2 ist eine Häufung des Ausbaus der Tiefengeothermie am Anfang des Simulationszeitraums und eine Häufung des Ausbaus der kleinen Biomasseanlagen am Ende erkennbar. Dies resultiert aus dem Arbeitsstand des Projekts zum Zeitpunkt dieser Analyse, welcher teilweise die Rahmenbedingungen für diese beiden Technologien noch nicht vollständig berücksichtigt. Beide Technologien sind zur Zielerreichung zwingend notwendig. Die Häufungen resultieren daraus, dass die Tiefengeothermie in den Modellläufen im Vergleich der Er-

neuerbaren sehr wirtschaftlich ist und die kleinen Biomasseanlagen sehr unwirtschaftlich sind und keine Beschränkungen für den Ausbau innerhalb eines Jahres bestehen. Im Zuge der Kostenoptimierung werden die Geothermieanlagen deshalb so früh wie möglich und die Biomasseanlagen so spät wie möglich gebaut. Zukünftige Modellläufe werden die Abbildung dieser Technologien weiter verbessern.

Für Ausbaupfad 2 wurde von einer höheren Flexibilität der gesetzlichen Rahmenbedingungen ausgegangen, um die Wünsche und Präferenzen der Bürger aus der INOLA-Region stärker zu berücksichtigen. Um die Präferenzen der Bewohner in der INOLA-Region zu erfassen, wurden in allen drei am Projekt beteiligten Landkreisen Strategieworkshops veranstaltet. An diesen Strategieworkshops beteiligten sich Experten und interessierte Bürger aus der Region. Gemeinsam erarbeiteten sie Vor- und Nachteile sowie Akzeptanzwerte der verschiedenen Technologien für die Region. Die Szenarien wurden in Kapitel 2.4 sowie im INOLA-Arbeitsbericht Nr. 7 vorgestellt.

Abbildung 4.2: Ausbaupfad Erneuerbare Energien 2



In einer Potenzialanalyse wurden dann die Ergebnisse und Präferenzen der Strategieworkshops auf die Umsetzbarkeit vor Ort überprüft und Potenziale in der Region herausgearbeitet (INOLA, 2016). Der hier verwendete Ausbaupfad stellt somit eine Verbindung der in den Szenarienworkshops erarbeiteten Wünsche und der durchgeführten Potenzialanalyse dar. In Abbildung 4.2 ist der Ausbaupfad 2 für die einzelnen Technologien (in kW neu installierter Leistung pro Jahr) angegeben. Der Ausbau ist ebenfalls über den Zeitraum von 2020 bis 2034 zu erkennen. Auffallend ist dabei insbesondere der im Vergleich zu Pfad 1 viel stärkere Zubau an Windkraftanlagen, der einem geringeren PV-Zubau gegenübersteht.

4.3 Kostenstrukturen der untersuchten Technologien

Die Kostenstruktur der untersuchten Technologien wird in der Form von Steckbriefen dargestellt und können unabhängig voneinander gelesen werden. Dadurch kann es zwar zu Wiederholungen kommen, jedoch ist dadurch eine schnellere Aneignung von Wissen zu konkreten Technologien bzw. ein zügiges Nachschlagen für Interessierte aus Wissenschaft, Politik und Privatwirtschaft möglich.

4.3.1 Onshore-Windkraftanlagen

Die Kosten für Onshore-Windkraftanlagen teilen sich in die Kosten zur Herstellung der Windkraftanlage (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Windkraftanlage (Betriebskosten) auf. Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Windkraftanlage an, wohingegen die Betriebskosten stetig anfallen, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Onshore-Windkraftanlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.2 gibt die Investitionskosten der Onshore-Windkraftanlagen an. Dabei wurden die generierten Umsätze in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 40 übernommen. Hier ist zu beachten, dass im Gegensatz zu den anderen Technologien bei Onshore-Windkraftanlagen nur Umsätze und keine Kosten angegeben werden, sodass Vorprodukte miteingehen. Die dort angegebenen Kostenpositionen der generierten Umsätze in €/kW sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Nabe und Hauptwelle, Gondel, Generator, Turm, Blätter Getriebe, Azimutsystem Windkraftanlage (WKA), Hydraulik WKA sowie Kabel und Sensorik WKA sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Logistik ist dem Wirtschaftszweig 23 zugerechnet; Planung und Projektierung ist dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Installation ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Ausgleichsmaßnahmen sind zu 50% dem Wirtschaftszweig 1 und zu 50% dem Wirtschaftszweig 4 zugerechnet. Die Summe aller generierten Umsätze in €/kW ist als Gesamtsumme angegeben. Die jeweilige Umsatzstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtumsätzen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.2: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Onshore-Windkraftanlagen

Wirtschafts- zweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Generierte Umsätze in €/kW
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	2,44%	30,5
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	2,44%	30,5
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	71,55%	893,-
20	Bauindustrie	11,06%	138,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	5,21%	65,-
23	Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	3,45%	43,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	3,85%	48,-
	Summe	100,00%	1.248,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.3 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Onshore-Windkraftanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige konkret veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.2 oben übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 40 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.3 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Onshore-Windkraftanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Anteile sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.3: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Onshore-Windkraftanlagen

Wirtschafts- zweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Ausgleichsmaßnahmen
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	100% Ausgleichsmaßnahmen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	6,16% Nabe und Hauptwelle; 8,29% Gondel; 10,30% Generator; 24,75% Turm; 24,75% Blätter; 18,59% Getriebe; 2,02% Azimutsystem; 2,02% Hydraulik; 3,14% Kabel und Sensorik
20	Bauindustrie	100% Installation
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Montage
23	Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	100% Logistik
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.4 sind die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 42 übernommen. Die Kosten wurden für eine Komplementär-GmbH modelliert, da dies die häufigste Geschäftsform in diesem Bereich darstellt. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Stromkosten sind dem Wirtschaftszweig 13 zugerechnet; Versicherung, Haftungsvergütung sowie Fremdkapitalzinsen sind jeweils dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Pachtzahlungen sind dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet; Rückbau ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Geschäftsführung (Komplementär-GmbH) ist den Personalkosten (intern) zugerechnet; Abschreibung sind den Abschreibungen (intern) zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist zu 30% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 70% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; die Sonstigen Kosten sind zu 80% den Personalkosten (intern), zu 10% dem Wirtschaftszweig 26 und zu je 5% den Wirtschaftszweigen 4 und 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten durch Ausgaben in dem jeweiligen Wirtschaftszweig und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweiguordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten, Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweiguordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.4: Betriebskosten bei Onshore-Windkraftanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	0,28%	0,4
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	0,28%	0,4
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	6,18%	8,8
13	Strom aus Windkraft	1,41%	2,-
20	Bauindustrie	2,11%	3,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	2,53%	3,6
24	Finanz- und Versicherungswesen	26,21%	37,3
25	Immobilien und Grundstücke	6,32%	9,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	0,56%	0,8
	Zwischensumme extern	45,61%	64,9
	Interne Personalkosten	10,82%	15,4
	Abschreibungen	43,57%	62,-
	Gesamtkosten	100%	142,3
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		37,-
	Nettobetriebsüberschuss		21,3

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.5 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Onshore-Windkraftanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirt-

schaftszweige konkret veranschaulicht werden. Dabei wurden die Werte aus Tabelle 4.4 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 42 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.5 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Onshore-Windkraftanlagen an den gesamten Betriebskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Anteile sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.5: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Onshore-Windkraftanlagen

Wirtschafts- zweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Betriebsmittel und sonstige Kosten
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	100% Betriebsmittel und sonstige Kosten
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
13	Strom aus Windkraft	100% Stromkosten
20	Bauindustrie	100% Rückbau
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	0,96% Haftungsvergütung; 99,04% Fremdkapitalzinsen
25	Immobilien und Grundstücke	100% Pachtzahlungen
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	88,24% Versicherung; 11,76% Betriebsmittel und sonstige Kosten
	Interne Personalkosten	42% Betriebsmittel und sonstige Kosten; 58% Geschäftsführung (Komplementär-GmbH)
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.2 Photovoltaik-Kleinanlagen

Die Kosten für Photovoltaik Kleinanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der PV-Anlage (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der PV-Anlage (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der PV-Kleinanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von PV-Kleinanlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.6 gibt die Investitionskosten der PV-Kleinanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 62 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Handel Module, Handel Wechselrichter sowie Handel Installationsmaterial sind dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Module, Zelle und Absorbermaterial, Wafer, Metallische Rohstoffe, Produktion Wechselrichter sowie Produktion Installationsmaterial sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Planung und Projektierung ist dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Netzanschluss ist dem Wirtschaftszweig 18 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.6: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei PV-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	66,00%	1.813,-
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	7,00%	196,-
20	Bauindustrie	11,00%	304,-
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	14,00%	387,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte; sonstige Unternehmensdienstleistungen	2,00%	54,-
	Summe	100,00%	2.754,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.7 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von PV-Kleinanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.6 oben übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 62 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.7 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei PV-Kleinanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.7: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	14,45% Module; 26,20% Zelle und Absorbermaterial; 14,67% Wafer; 15,83% Metallische Rohstoffe; 15,06% Produktion Wechselrichter; 13,79% Produktion Installationsmaterial
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	100% Netzanschluss
20	Bauindustrie	100% Montage
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	71,32% Handel Module; 14,99% Handel Wechselrichter; 13,70% Handel Installationsmaterial
26	Leih- und Leasinggeschäfte; sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.8 werden die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 63 übernommen. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung sowie Fremdkapitalzinsen sind jeweils dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Abschreibungen sind den Abschreibungen (intern) zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist zu 5% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 95% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweigzuordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben die Abschreibungen keine Wirtschaftszweigzuordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.8: Betriebskosten bei PV-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	16,13%	34,2
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	0,85%	1,8
24	Finanz- und Versicherungswesen	17,92%	38,-
	Zwischensumme extern	34,91%	74,-
	Abschreibungen	65,09%	138,-
	Gesamtkosten	100%	212,-
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		133,-
	Nettobetriebsüberschuss		33

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.9 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von PV- Kleinanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.8 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 63 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.9 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei PV-Kleinanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.9: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	15,79% Versicherung; 84,21% Fremdkapitalzinsen
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.3 Photovoltaik-Großanlagen auf Dachflächen

Die Kosten für PV-Großanlagen auf Dachflächen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der PV-Anlage (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der PV-Anlage (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der PV-Großanlagen auf Dachflächen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von PV-Großanlagen auf Dachflächen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.10 gibt die Investitionskosten der PV-Großanlagen auf Dachflächen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 72 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen werden folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Handel Module, Handel Wechselrichter sowie Handel Installationsmaterial werden dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Module, Zelle und Absorbermaterial, Wafer, Metallische Rohstoffe, Produktion Wechselrichter sowie Produktion Installationsmaterial werden dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Planung und Projektierung wird dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Montage wird dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.10: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei PV-Großanlagen auf Dachflächen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	67,95%	1.717,-
20	Bauindustrie	8,86%	224,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	14,52%	367,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	8,67%	219,-
	Summe	100,00%	2.527,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.11 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von PV-Großanlagen auf Dachflächen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.10 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 72 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.11 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Dachflächen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.11: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Dachflächen

Wirtschafts-zweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	13,10% Module; 23,76% Zellen und Absorbermaterial; 13,34% Wafer; 14,39% Metallische Rohstoffe; 13,51% Produktion Wechselrichter; 21,90% Produktion Installationsmaterial
20	Bauindustrie	100% Montage
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	64,58% Handel Module; 13,62% Handel Wechselrichter; 21,80% Handel Installationsmaterial
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.12 werden die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010); S. 73 übernommen. Die Kosten wurden für eine Komplementär-GmbH modelliert, da dies die häufigste Geschäftsform in diesem Bereich darstellt. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Betriebspersonal sowie Geschäftsführung (Komplementär-GmbH) werden Personalkosten (intern) zugerechnet; Versicherung, Haftungsvergütung sowie Fremdkapitalzinsen werden jeweils dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Pachtzahlungen werden dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet; Abschreibung werden den Abschreibungen (intern) zugerechnet; Wartung und Instandhaltung wird zu 5% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 95% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweigzuordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten, Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweigzuordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.12: Betriebskosten bei PV-Großanlagen auf Dachflächen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	13,57%	31,35
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	0,71%	1,65
24	Finanz- und Versicherungswesen	22,08%	51,-
25	Immobilien und Grundstücke	1,73%	4,-
	Zwischensumme extern	38,10%	88,-
	Personalkosten	7,36%	17,-
	Abschreibungen	54,55%	126,-
	Gesamtkosten	100%	231,-
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		105,-
	Nettobetriebsüberschuss		34

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.13: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Dachflächen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	9,80% Versicherung; 88,24 % Fremdkapitalzinsen 1,96% Haftungsvergütung
25	Immobilien und Grundstücke	100% Pachtzahlungen
	Personalkosten	23,53% Betriebspersonal; 76,47% Geschäftsführung
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.13 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von PV-Großanlagen auf Dachflächen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.12 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 73 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.13 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Dachflächen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

4.3.4 Photovoltaik-Großanlagen auf Freiflächen

Die Kosten für PV-Großanlagen auf Freiflächen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der PV-Anlage (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der PV-Anlage (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der PV-Großanlagen auf Freiflächen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von PV-Großanlagen auf Freiflächen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.14 gibt die Investitionskosten der PV-Großanlagen auf Freiflächen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 71 f. übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Handel Module, Handel Wechselrichter sowie Handel Installationsmaterial sind dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Module, Zelle und Absorbermaterial, Wafer, Metallische Rohstoffe, Produktion Wechselrichter sowie Produktion Installationsmaterial sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Planung und Projektierung ist dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.14: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei PV-Großanlagen auf Freiflächen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	69,22%	1.669,-
20	Bauindustrie	6,89%	166,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	14,81%	357,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	9,08%	219,-
	Summe	100,00%	2.411,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.15 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von PV-Großanlagen auf Freiflächen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirt-

schaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.14 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 71 f. zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.15 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Freiflächen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.15: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Freiflächen

Wirtschafts- zweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	13,48% Module; 24,45% Zelle und Absorbermaterial; 13,72% Wafer; 14,80% Metallische Rohstoffe; 13,90% Produktion Wechselrichter; 19,65% Produktion Installationsmaterial
20	Bauindustrie	100% Montage
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	66,39% Handel Module; 14,01% Handel Wechselrichter; 19,61% Handel Installationsmaterial
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.16 werden die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 73 übernommen. Die Kosten wurden für eine Komplementär-GmbH modelliert, da dies die häufigste Geschäftsform in diesem Bereich darstellt. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Betriebspersonal sowie Geschäftsführung (Komplementär-GmbH) sind den Personalkosten (intern) zugerechnet; Versicherung, Haftungsvergütung sowie Fremdkapitalzinsen sind jeweils dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Pachtzahlungen sind dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet; Abschreibung sind den Abschreibungen (intern) zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist zu 5% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 95% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweiguordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten, Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweiguordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.16: Betriebskosten bei PV-Großanlagen auf Freiflächen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	13,27%	29,45
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	0,70%	1,55
24	Finanz- und Versicherungswesen	22,07%	49,-
25	Immobilien und Grundstücke	1,80%	4,-
	Zwischensumme extern	37,84%	84,-
	Personalkosten	7,66%	17,-
	Abschreibungen	54,50%	121,-
	Gesamtkosten	100%	222,-
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		66,-
	Nettobetriebsüberschuss		-2

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.17 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von PV-Großanlagen auf Freiflächen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.16 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 73 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.17 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Freiflächen-Anlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.17: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei PV-Großanlagen auf Freiflächen

Wirtschafts-zweig-Nr.	Wirtschaftszweigename	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	10,20% Versicherung; 87,76% Fremdkapitalzinsen 2,04% Haftungsvergütung
25	Immobilien und Grundstücke	100% Pachtzahlungen
	Personalkosten	23,53% Betriebspersonal; 76,47% Geschäftsführung (Komplementär-GmbH)
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.5 Solarthermie-Kleinanlagen

Die Kosten für Solarthermie-Kleinanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Anlage (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Anlage (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Solarthermie-Kleinanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Solarthermie-Kleinanlagen auf der Wirtschaftszweigebene. Im Gegensatz zu den meisten anderen Technologien sind die Kosten bei den Solarthermie-Kleinanlagen nicht in €/kW, sondern in €/m² angegeben. Die Flächengröße m² bezieht sich dabei auf die Kollektorfläche. Für eine Umrechnung von €/m² in die Zielgröße €/kW kann davon ausgegangen werden, dass die Leistung pro Quadratmeter ca. 0,7 kW/m² beträgt. In dieser Studie wird bei der Solarthermie zwischen Groß- und Kleinanlagen unterschieden. Großanlagen sind dabei Solarthermie-Anlagen, deren Kollektorfläche mehr als 20 m² groß sind und nicht auf einem Ein- oder Zweifamilienhaus stehen. Dementsprechend besitzen Kleinanlagen entweder maximal 20 m² Kollektorfläche oder sie wurden auf einem Ein- oder Zweifamilienhaus installiert. Diese Definition ist angelehnt an BSW (2007).

Tabelle 4.18 gibt die Investitionskosten der Solarthermie-Kleinanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/m² aus Hirschl et al. (2010), S. 85 f. übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweig umgerechnet: Handel Anlagenkomponenten sowie Handel Unterkonstruktion sind dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Kollektoren, Brauchwasserspeicher, Regler, Rohrleitungen, Pumpen, Armaturen sowie Produktion Unterkonstruktion sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; zusätzlich sind noch weitere 50 €/m² für die Kosten der Planung und Projektierung in Wirtschaftszweig 26 veranschlagt. Dieser Kostenpunkt befindet sich nicht in der Tabelle von Hirschl et al. und wird somit zusätz-

lich in Tabelle 4.18 eingeführt. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.18: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Solarthermie-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/m ²
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	59,72%	504,-
20	Bauindustrie	21,68%	183,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	12,68%	107,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	5,92%	50,-
	Summe	100,00%	844,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.19: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweig aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	42,86% Kollektoren; 29,96% Brauchwasserspeicher; 19,44% Regler, Rohrleitung, Pumpen und Armaturen; 7,74% Produktion Unterkonstruktion
20	Bauindustrie	100% Montage
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	92,52% Handel Anlagenkomponenten; 7,48% Handel Unterkonstruktion
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.19 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Solarthermie-Kleinanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.18 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 85 f. zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.19 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Solarthermie-Kleinanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Bei den Betriebskosten in Tabelle 4.20 der Solarthermie-Kleinanlagen sind die Kosten in €/m² jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 86 übernommen. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung ist dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist zu 5% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 95% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Tabelle 4.20: Betriebskosten bei Solarthermie-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/m ² jährlich
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	13,57%	31,35
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	0,71%	1,65
24	Finanz- und Versicherungswesen	22,08%	51,-
25	Immobilien und Grundstücke	1,73%	4,-
	Zwischensumme extern	38,10%	88,-
	Personalkosten (intern)	7,36%	17,-
	Abschreibungen	54,55%	126,-
	Gesamtkosten	100%	231,-
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		105,-
	Nettobetriebsüberschuss		34

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweiguordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben Personalkosten (intern), Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweiguordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.21 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Solarthermie-Kleinanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.20 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S.86 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.21 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Solarthermie-Kleinanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.21: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Kleinanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	100% Versicherung
	Personalkosten (intern)	100% Personalkosten
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.6 Solarthermie-Großanlagen

Die Kosten für Solarthermie-Großanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Solarthermie-Großanlagen (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Solarthermie-Großanlagen (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Solarthermie-Großanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Solarthermie-Großanlagen auf der Wirtschaftszweigebene. Im Gegensatz zu den meisten anderen Technologien sind die Kosten bei den Solarthermie-Großanlagen nicht in €/kW, sondern in €/m² angegeben. Die Flächengröße m² bezieht sich dabei auf die Kollektorfläche. Für eine Umrechnung von €/m² in die Zielgröße €/kW kann davon ausgegangen werden, dass die Leistung pro Quadratmeter ca. 0,7 kW/m² beträgt. In dieser Studie wird bei der Solarthermie zwischen Klein- und Großanlagen unterschieden. Großanlagen sind dabei Solarthermie-Anlagen, deren Kollektorfläche mehr als 20 m² groß sind und nicht auf einem Ein- oder Zweifamilienhaus stehen. Dementsprechend besitzen Kleinanlagen maximal 20 m² Kollektorfläche oder wurden auf einem Ein- oder Zweifamilienhaus installiert. Diese Definition ist angelehnt an BSW (2007).

Tabelle 4.22 gibt die Investitionskosten der Solarthermie-Großanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/m² aus Hirschl et al. (2010), S. 94 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Handel Anlagenkomponenten sowie Handel Unterkonstruktion sind dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Kollektoren, Solarspeicher und

Wärmetauscher, Regelung, Verrohrung und Sonstiges sowie Produktion Unterkonstruktion sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Planung und Projektierung ist dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.22: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Solarthermie-Großanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an den ges. Investitionskosten	Kosten in €/m ²
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	65,87%	359,-
20	Bauindustrie	6,06%	33,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	14,13%	77,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte; sonstige Unternehmensdienstleistungen	13,94%	76,-
	Summe	100,00%	545,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.23: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Großanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	40,11% Kollektoren; 13,65% Solar-speicher und Wärmetauscher; 32,59% Regelungen, Verrohrungen und Sonstiges; 13,65% Produktion Unterkonstruktion
20	Bauindustrie	100% Montage
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	85,71% Handel Anlagekomponenten, 14,28% Handel Unterkonstruktion
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.23 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Solarthermie-Großanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.22 oben übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 94 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.23 an, welchen Anteil unterschiedli-

che Kostenpositionen bei Solarthermie-Großanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Auch die Betriebskosten in Tabelle 4.24 sind in €/m² jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 94 übernommen. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung sowie Fremdkapitalzinsen sind dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist zu 5% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 95% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Da Solarthermie-Großanlagen meist privat und nicht kommerziell betrieben werden, existieren weder Abschreibungen, noch interne Personalkosten oder Gewinne.

Tabelle 4.24: Betriebskosten bei Solarthermie-Großanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges, Betriebskosten	Kosten in €/m ²
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	28,15%	7,6
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	1,48%	0,4
24	Finanz- und Versicherungswesen	70,37%	19,-
	Gesamtkosten	100%	27,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.25 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Solarthermie-Großanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei wurden die Werte aus Tabelle 4.24 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 94 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.25 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Solarthermie-Großanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.25: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Solarthermie-Großanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	15,79% Versicherung; 84,21% Fremdkapitalzinsen

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.7 Biogasanlagen

Die Kosten für Biogasanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Biogasanlagen (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Biogasanlagen (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Biogasanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben ist. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Zur Modellierung der Biogasanlagen wurde eine 300 kW Referenzanlage gewählt. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Biogasanlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.26 gibt die Investitionskosten der Biogasanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 116 f. übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Gebäude und Siloanlagen, Fermenter sowie 50% der Erschließungs- Ausgleichsmaßnahmen sind dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; BHKW sowie Maschinen sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Anschlüsse ist dem Wirtschaftszweig 18 zugerechnet; EVU-Anschluss ist dem Wirtschaftszweig 17 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Planung und Projektierung ist dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Grundstückskauf ist dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet; Erschließungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind zu 25% dem Wirtschaftszweig 1 und zu 25% dem Wirtschaftszweig 4 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.26: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Biogasanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	0,54%	16,75
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	0,54%	16,75
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	20,91%	648,-
17	Stromübertragung	5,94%	184,-
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	7,16%	222,-
20	Bauindustrie	51,29%	1.589,5
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	7,39%	229,-
25	Immobilien und Grundstücke	3,55%	110,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	2,68%	83,-
	Summe	100,00%	3.099,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.27 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Biogasanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.26 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 116 f. zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.27 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Biogasanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.27: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biogasanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Erschließungs- und Ausgleichsmaßnahmen
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	100% Erschließungs- und Ausgleichsmaßnahmen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	95,22% BHKW; 4,78% Maschinen
17	Stromübertragung	100% EVU-Anschluss
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	100% Anschlüsse
20	Bauindustrie	42,91% Gebäude und Silo-Anlagen; 54,99% Fermenter; 2,11% Erschließungs- und Ausgleichsmaßnahmen
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Montage
25	Immobilien und Grundstücke	100% Grundstückskauf
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.28 sind die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 118 übernommen. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung sowie Fremdkapitalzinsen sind dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Personalkosten (Löhne und Verwaltung) ist den Personalkosten (intern) zugerechnet; Zündöl ist dem Wirtschaftszweig 6 zugerechnet; Stromkosten sind dem Wirtschaftszweig 14 zugerechnet; Rücklagen für den Rückbau ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Abschreibungen sind dem Wirtschaftszweig Abschreibungen (intern) zugerechnet; Substratbereitstellung ist zu 20% dem Wirtschaftszweig 23 und zu 80% dem Wirtschaftszweig 1 zugerechnet; Wartung ist zu 30% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 70% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Betriebsmittel und sonstige Kosten sind zu 5% dem Wirtschaftszweig 4, zu 35% dem Wirtschaftszweig 8, zu 10% dem Wirtschaftszweig 9 und zu 50% dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen angegeben.

tellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweigzuordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten, Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweigzuordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.28: Betriebskosten bei Biogasanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	46,36%	529,6
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	0,10%	1,15
6	Chemieindustrie und Pharmazeutika	8,58%	98,-
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	7,20%	82,25
9	Wasserversorgung, Kanalisation, Abfallwirtschaft und Sanierungen	0,20%	2,3
14	Strom aus Biomasse und Abfall	8,67%	99,-
20	Bauindustrie	0,61%	7,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	2,78%	31,8
23	Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	0,42%	4,8
24	Finanz- und Versicherungswesen	5,69%	65,-
25	Immobilien und Grundstücke	1,01%	11,5
	Zwischensumme extern	81,62%	932,4
	Personalkosten	4,81%	55,-
	Abschreibungen	13,57%	155,-
	Gesamtkosten	100%	1.142,4
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		226,-
	Nettobetriebsüberschuss		147,5

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.29 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Biogasanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.28 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 118 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.29 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Biogasanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.29: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biogasanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Substratbereitstellung
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	100% Betriebsmittel und sonstige Kosten
5	Koks und raffinierte Erdölprodukte	100% Zündöl
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	90,21% Wartung; 9,79% Betriebsmittel und sonstige Kosten
9	Wasserversorgung, Kanalisation, Abfallwirtschaft und Sanierungen	100% Betriebsmittel und sonstige Kosten
14	Strom aus Biomasse und Abfall	100% Stromkosten
20	Bauindustrie	100% Rücklagen für den Rückbau
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung
23	Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	100% Substratbereitstellung
24	Finanz- und Versicherungswesen	24,62% Versicherung; 75,38% Fremdkapitalzinsen
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Betriebsmittel und sonstige Kosten
	Personalkosten	100% Personalkosten
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreiber-gesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreiber-gesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.8 Biomasseanlagen

Die Kosten für Biomasseanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Biomasseanlagen (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Biomasseanlagen (Betriebskosten). Die Investi-

onskosten fallen einmalig bei Errichtung der Biomasseanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Zur Modellierung der Biomasse-Großanlage ist eine 5 MW Waldhackschnitzel-Anlage gewählt. Diese Definition ist angelehnt an CUTEC (2007). Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Biomasseanlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.30 gibt die Investitionskosten der Biomasseanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 144 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Bauteile, Verbrennung, Mess-Steuer und Regelungstechnik, Abgasreinigung sowie Energieerzeugung sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Nebenanlage ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Montage ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Planung und Projektierung ist dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Grundstückskauf ist dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.30: Investitionskosten (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Biomasseanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	83,41%	3.292,-
20	Bauindustrie	2,71%	107,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	7,09%	280,-
25	Immobilien und Grundstücke	0,91%	36,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	5,88%	232,-
	Summe	100,00%	3.947,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.31 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Biomasseanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.30 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 144 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.31 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Biomasseanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.31: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biomasseanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	17,95% Bauteile; 36,36% Verbrennung; 10,45 Mess-Steuer und Regelungstechnik; 9,41% Abgasreinigung; 25,82% Energieerzeugung
20	Bauindustrie	100% Nebenanlagen
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Montage
25	Immobilien und Grundstücke	100% Immobilienverkauf
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.32 sind die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 145 übernommen. Die Kosten wurden für eine Komplementär-GmbH modelliert, da dies die häufigste Geschäftsform in diesem Bereich darstellt. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung, Haftungsvergütung sowie Fremdkapitalzinsen sind dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Verwaltung, Personalkosten sowie Geschäftsführung (Komplementär-GmbH) sind den Personalkosten (intern) zugerechnet; Transport ist dem Wirtschaftszweig 23 zugerechnet; Ascheentsorgung ist dem Wirtschaftszweig 9 zugerechnet; Rückbau ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Pacht ist dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet; Abschreibungen sind dem Wirtschaftszweig Abschreibungen (intern) zugerechnet; Instandhaltung ist zu 30% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 70% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Brennstoffe sind zu 80% dem Wirtschaftszweig 1 und zu 20% dem Wirtschaftszweig 4 zugerechnet; Betriebsmittel und sonstige Kosten sind zu 50% dem Wirtschaftszweig 4 und zu 50% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweigzuordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten, Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweigzuordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.32: Betriebskosten bei Biomasseanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	15,40%	139,2
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	4,30%	38,8
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	11,28%	102,-
9	Wasserversorgung, Kanalisation, Abfallwirtschaft und Sanierungen	0,44%	4,-
20	Bauindustrie	0,11%	1,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	4,65%	42,-
23	Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	14,27%	129,-
24	Finanz- und Versicherungswesen	8,74%	79,-
25	Immobilien und Grundstücke	1,77%	16,-
	Zwischensumme extern	60,95%	551,-
	Personalkosten	17,26%	156,-
	Abschreibungen	21,79%	197,-
	Gesamtkosten	100%	904,-
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		105,-
	Nettobetriebsüberschuss		3

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.33 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Biomasseanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.32 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 145 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.33 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Biomasseanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.33: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Biomasseanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Brennstoffe
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	89,69% Brennstoffe; 10,31% Betriebsmittel und sonstige Kosten
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	96,08% Instandhaltung; 3,92% Betriebsmittel und sonstige Kosten
9	Wasserversorgung, Kanalisation, Abfallwirtschaft und Sanierungen	100% Ascheentsorgung
20	Bauindustrie	100% Rückbau
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Instandhaltung
23	Logistik, Lagerung, Post und Telekommunikation	100% Transport
24	Finanz- und Versicherungswesen	20,25% Versicherung; 1,27% Haftungsvergütung; 78,48% Fremdkapitalzinsen
25	Immobilien und Grundstücke	100% Pacht
	Personalkosten	10,26% Verwaltung; 66,67% Personalkosten; 23,08% Geschäftsführung (Komplementär-GmbH)
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreiber-gesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreiber-gesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.3.9 Wärmepumpenanlagen

Die Kosten für Wärmepumpenanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Wärmepumpenanlagen (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Wärmepumpenanlagen (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Wärmepumpenanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Wärmepumpenanlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.34 gibt die Investitionskosten der Wärmepumpenanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 101 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Handel Anlagenkomponenten ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Wärmeerzeuger inkl. Regelungen und Zubehör, Wärmequellenanlage inkl. Zubehör sowie Warmwasserspeicher sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Installation ist dem

Wirtschaftszweig 20 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.34: Investitionskosten (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Wärmepumpenanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	78,32%	1.127,-
20	Bauindustrie	4,93%	71,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	16,75%	241,-
	Summe	100,00%	1.439,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.35 gibt an, wie sich die Investitionskosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Wärmepumpenanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.34 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 101 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.35 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Wärmepumpenanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.35: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wärmepumpenanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	60,60% Wärmeerzeuger inkl. Regelungen und Zubehör; 27,42% Wärmequellenanlage inkl. Zubehör; 11,98% Warmwasserspeicher
20	Bauindustrie	100% Installation
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Handel Anlagenkomponenten

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.36 sind zuerst die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Dafür sind nur die gewichteten Größen aus Sole-Wasser- sowie Luft-Wasser-Wärmepumpen aus Hirschl et al. (2010), S. 101 übernommen. Somit stellen die hier angegebenen Betriebskosten einen mit der Häufigkeit der jeweiligen Technologie gewichteten Durchschnitt aus Luft- und Sole-Wasser-Wärmepumpenanlagen dar. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgen-

dermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Energiekosten (Netto) sind dem Wirtschaftszweig 15 zugerechnet; Wartung und Reinigung ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Ersatzteile und Reparatur sind zu 95% dem Wirtschaftszweig 8 und zu 5% dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Da Wärmepumpenanlagen in der Regel nicht kommerziell, sondern von Privathaushalten betrieben werden, existieren keine Gewinne, Abschreibungen oder interne Personalkosten.

Tabelle 4.36: Betriebskosten bei Wärmepumpenanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Kosten in €/kW jährlich	Anteil an ges. Betriebskosten
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	23,75	23,28%
15	Strom aus Sonnenenergie (PV und thermisch)	71,-	69,61%
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	7,25	7,11%
	Gesamtkosten	102,-	100%

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.37: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wärmepumpenanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Ersatzteile und Reparatur
15	Strom aus Sonnenenergie (PV und thermisch)	100% Energiekosten
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	82,76% Wartung und Reinigung; 17,24% Ersatzteile und Reparatur

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.37 gibt an, wie sich die Betriebskosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Wärmepumpenanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.36 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 42 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.37 an, welchen Anteil unterschiedliche Kos-

tenpositionen bei Wärmepumpenanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

4.3.10 Geothermie-Anlagen für tiefere Erdschichten

Die Kosten für Geothermie-Anlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Geothermie-Anlagen (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Windkraftanlage (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Geothermie-Anlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Die hier betrachteten Geothermie-Anlagen erzeugen sowohl Strom als auch Wärme. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Geothermie-Anlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.38: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Investitionskosten	Kosten in €/kW
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	2,05%	67,186
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	2,05%	67,186
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	35,90%	1.175,75
17	Stromübertragung	2,05%	67,186
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	2,05%	67,186
20	Bauindustrie	51,28%	1.679,64
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	2,05%	67,186
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	2,56%	83,98
	Summe	100,00%	3.275,3

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2015)

Tabelle 4.38 gibt die Investitionskosten der Geothermie-Anlagen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2015), S. 232 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Förderbohrung sowie Reinjektionsbohrung sind dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet; Stromerzeugungsanlage sowie Wärmeerzeugungsanlage sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Planung und Projektierung sind dem Wirtschaftszweig 26 zugerechnet; Sonstige Sachinvestitionen sind zu 20% Wirtschaftszweig 1, zu 20% Wirtschaftszweig 4, zu 20% Wirtschaftszweig 17, zu 20% Wirtschaftszweig 18 und zu 20% Wirtschaftszweig 21 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem

jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.39 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Geothermie-Anlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.38 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2015), S. 232 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.39 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Geothermie-Anlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.39: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Sonstige Sachinvestitionen
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	100% Sonstige Sachinvestitionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	71,43% Stromerzeugungsanlage; 28,57% Wärmeerzeugungsanlage
17	Stromübertragung	100% Sonstige Sachinvestitionen
18	Verteilung von Strom und Stromhandel	100% Sonstige Sachinvestitionen
20	Bauindustrie	50% Förderbohrung; 50% Reinjektionsbohrung
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Sonstige Sachinvestitionen
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2015)

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.40 sind die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2015), S.233 übernommen. Die Kosten wurden für eine Komplementär-GmbH modelliert, da dies die häufigste Geschäftsform in diesem Bereich darstellt. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung sowie Fremdkapitalzinsen sind dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Technische Betriebsführung sowie Geschäftsführung (Komplementär-GmbH) sind komplett den Personalkosten (intern) zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Ersatzmaterial ist dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Pacht ist dem Wirtschaftszweig 25 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quotienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweigzuordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweigzuordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.40: Betriebskosten bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	4,51%	8,89
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	12,39%	24,43
24	Finanz- und Versicherungswesen	50,52%	99,54
25	Immobilien und Grundstücke	9,30%	18,32
	Zwischensumme extern	76,73%	151,18
	Personalkosten	23,2%	45,86
	Gesamtkosten	100%	197,04
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		169,41
	Nettobetriebsüberschuss		287,27

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2015)

Tabelle 4.41 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Geothermie-Anlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.40 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2015), S.233 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.41 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Geothermie-Anlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.41: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Geothermie-Anlagen aus tieferen Erdschichten

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Ersatzteile aus Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	25,96% Versicherung; 74,04% Fremdkapitalzinsen
25	Immobilien und Grundstücke	100% Pacht
	Personalkosten	18,97% Technische Betriebsführung; 81,03% Geschäftsführung (Komplementär-GmbH)
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2015)

4.3.11 Wasserkraftanlagen

Die Kosten für Wasserkraftanlagen teilen sich auf in die Kosten zur Herstellung der Wasserkraftanlagen (Investitionskosten) und die Kosten zum Betrieb der Wasserkraftanlagen (Betriebskosten). Die Investitionskosten fallen einmalig bei Errichtung der Wasserkraftanlagen an. Die Betriebskosten fallen stetig an, solange die Anlage betrieben wird. Die Betriebskosten werden als jährliche Größen angegeben. Zur Modellierung der Wasserkraftanlagen ist eine 500 kW Referenzanlage gewählt. Die in den Tabellen aufgeführten Größen dienen als Inputvariablen zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkung von Wasserkraftanlagen auf der Wirtschaftszweigebene.

Tabelle 4.42 gibt die Investitionskosten der Wasserkraftanlagen an. Dabei sind die Kosten in €/kW aus Hirschl et al. (2010), S. 101 übernommen. Die dort angegebenen Kostenpositionen sind folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Handel Anlagenkomponenten ist dem Wirtschaftszweig 21 zugerechnet; Wärmeerzeuger inkl. Regelungen + Zubehör, Wärmequellenanlage inkl. Zubehör sowie Warmwasserspeicher sind dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet; Installation ist dem Wirtschaftszweig 20 zugerechnet. Die Summe aller Kosten in €/kW ist als Gesamtkosten angegeben. Die jeweilige Kostenstruktur eines Wirtschaftszweigs folgt der Berechnung durch folgende Formel: (Investitionsgüternachfrage aus dem jeweiligen Wirtschaftszweig) / (Gesamtinvestitionen). Die Anteile an den Gesamtkosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.42: Investitionskostenstruktur (inkl. Investitionsnebenkosten) bei Wasserkraftanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Kostenstruktur	Kosten in €/kW
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	6,03%	331,5
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	6,03%	331,5
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	38,24%	2.103,-
20	Bauindustrie	33,41%	1.837,-
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	1,02%	56,-
25	Immobilien und Grundstücke	7,24%	398,-
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	8,04%	442,-
	Summe	100,00%	5.499,-

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.43: Investitionskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wasserkraftanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
1	Landwirtschaft, Forsterei und Fischerei	100% Ausgleichsmaßnahmen
4	Holz, Papier, Verlagswesen, Rundfunk, Künste, Unterhaltung und Freizeitangebote	100% Ausgleichsmaßnahmen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	97,34% Anlagentechnik; 2,66% Elektrotechnik
20	Bauindustrie	100% Baukonstruktion
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Montage
25	Immobilien und Grundstücke	100% Grundstückskauf
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Planung und Projektierung

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Tabelle 4.43 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Wasserkraftanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.42 über-

nommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 101 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.43 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Wasserkraftanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Auch bei den Betriebskosten in Tabelle 4.44 sind die Kosten in €/kW jährlich angegeben. Diese Größen sind aus Hirschl et al. (2010), S. 109 übernommen. Die Kosten wurden für eine Komplementär-GmbH modelliert, da dies die häufigste Geschäftsform in diesem Bereich darstellt. Dabei sind die Kostenpositionen aus den angegebenen Tabellen folgendermaßen in Wirtschaftszweige umgerechnet: Versicherung, Haftungsvergütung sowie Fremdkapitalzinsen sind dem Wirtschaftszweig 24 zugerechnet; Geschäftsführung (Komplementär-GmbH) ist den Personalkosten (intern) zugerechnet; Abschreibungen sind dem Wirtschaftszweig Abschreibungen (intern) zugerechnet; Betriebs- und Überwachungspersonal ist zu je 50% dem Wirtschaftszweig 26 und den Personalkosten (intern) zugerechnet; Wartung und Instandhaltung ist zu 20% dem Wirtschaftszweig 21 und zu 80% dem Wirtschaftszweig 8 zugerechnet. Die Summe aller externen Wirtschaftszweige ist als „Zwischensumme extern“ angegeben. Die Summe aus dieser Zwischensumme und allen internen Kostenpositionen ist als „Gesamtkosten“ angegeben. Die Vorsteuergewinne sind nicht in den Gesamtkosten enthalten.

Tabelle 4.44: Betriebskosten bei Wasserkraftanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Anteil an ges. Betriebskosten	Kosten in €/kW jährlich
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	14,76%	79,2
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	3,69%	19,8
24	Finanz- und Versicherungswesen	24,51%	131,5
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	1,03%	5,5
	Zwischensumme extern	43,99%	236,-
	Personalkosten	4,75%	25,5
	Abschreibungen	51,26%	275,-
	Gesamtkosten	100%	536,5
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft		88,-
	Nettobetriebsüberschuss		-55,5

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

Der Nettobetriebsüberschuss wird nach Mink (2017) durch die Nettowertschöpfung abzüglich des Arbeitnehmerentgelts gebildet. Dies entspricht der Summe aus Pacht, Vorsteuergewinnen und Zinsen abzüglich der Abschreibungen. Der Anteil an den gesamten Betriebskosten besteht aus dem Quo-

tienten der Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs und der Gesamtkosten. Dieser Anteil ist jeweils als Prozentsatz angegeben. Die Anteile an den gesamten Betriebskosten sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Im Gegensatz zu den Komponenten mit Wirtschaftszweigzuordnung, die zu den Vorleistungen zählen, sind Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüsse eigene Positionen des Aufkommens der Produktion innerhalb der Input-Output-Tabelle. Deswegen haben interne Personalkosten, Abschreibungen und Betriebsgewinne der KG keine Wirtschaftszweigzuordnungen. Sie dienen lediglich zum Abgleich und zur Plausibilitätsüberprüfung mit den Werten der Input-Output-Rechnung.

Tabelle 4.45 gibt an, wie sich die Kosten der verschiedenen Wirtschaftszweige von Wasserkraftanlagen zusammensetzen. Damit soll dem Leser die abstrakte Zusammensetzung der Wirtschaftszweige als konkrete Kostenpositionen veranschaulicht werden. Dabei sind die Werte aus Tabelle 4.44 übernommen und die jeweiligen Wirtschaftszweige in die Kostenpositionen aus Hirschl et al. (2010), S. 42 zurückgerechnet. Somit gibt Tabelle 4.45 an, welchen Anteil unterschiedliche Kostenpositionen bei Wasserkraftanlagen an den gesamten Investitionskosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs haben. Die Zahlen sind auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 4.45: Betriebskostenzusammensetzung der Wirtschaftszweige aus Kostenpositionen bei Wasserkraftanlagen

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigname	Zusammensetzung aus Kostenpositionen
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	100% Wartung und Instandhaltung
21	Groß- und Einzelhandel und Reparaturen inklusive Automotoren	100% Wartung und Instandhaltung
24	Finanz- und Versicherungswesen	12,14% Versicherung; 82,86% Fremdkapitalzinsen
26	Leih- und Leasinggeschäfte und sonstige Unternehmensdienstleistungen	100% Betriebs- und Überwachungspersonal
	Personalkosten	21,57% Betriebs- und Überwachungspersonal; 78,43% Geschäftsführung (Komplementär-GmbH)
	Abschreibungen	100% Abschreibungen
	Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft	100% Vorsteuergewinn der Betreibergesellschaft

Quelle: Eigene Berechnungen nach Hirschl et al. (2010)

4.4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Effekte auf Wertschöpfung und Arbeitsplätze durch des bisherigen Ausbaus Erneuerbarer Energien von 1994 bis 2014 sowie des erwarteten Ausbaus bis 2035 der Erneuerbaren Energien auf 100% der Energieversorgung, sowohl mit als auch ohne eine Änderung des Regionalplans, dargestellt. Dabei werden die Arbeitsplatzeffekte aufgeteilt in Effekte auf Geringqualifizierte, Fachkräfte und Hochqualifizierte. Außerdem werden die Effekte sowohl klassisch als auch mit einer Berücksichtigung von Verdrängungseffekten dargestellt. Verdrängungseffekten beziehen Nutzungskonflikte von Produktionsfaktoren mit ein, beispielsweise durch eine Knappheit an Arbeitskräften.

Die Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte sind zudem aufgeschlüsselt nach Wirtschaftsbereichen und nach den drei Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Weilheim-Schongau, sowie für die gesamte INOLA-Region. Die Wirtschaftsbereiche stellen dabei eine Aggregation der Wirtschaftszweige dar und setzen sich wie in Tabelle 4.46 gezeigt zusammen.

Tabelle 4.46: Zuordnung Wirtschaftszweige zu Wirtschaftsbereichen

Wirtschaftsbereich	WZ-Nummern
Erneuerbare Energien und Energieversorgung	12; 13; 14; 15
Konventionelle Energien	10; 11; 16; 17; 18; 19
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei & Bergbau	1; 2; 3
Industrie, Verarbeitendes Gewerbe	4; 5; 6; 7; 8; 9; 25
Bauen	20
Dienstleistungen und öffentlicher Sektor	24; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32
Binnenhandel	21
Gastgewerbe, Tourismus	22
Transport	23

Die linken Balken von Abbildung 4.3 zeigen, dass die bisherige Energiewende etwa 60 Millionen Euro Wertschöpfung pro Jahr im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, etwa 6 Millionen Euro im Landkreis Miesbach und etwa 15 Millionen Euro im Landkreis Weilheim-Schongau gebracht hat. Zusammen wurden somit gute 80 Millionen Euro Wertschöpfung pro Jahr durch die bisherige Energiewende realisiert. Bei Berücksichtigung von Verdrängungseffekte verkleinern sich die Werte für Bad Tölz-Wolfratshausen und Weilheim-Schongau leicht, aber nicht signifikant. Die Wertschöpfung von Miesbach reduziert sich aber durch die Berücksichtigung um fast die Hälfte auf gut 3 Millionen Euro. An Arbeitsplätzen haben Bad Tölz-Wolfratshausen knapp 1.000, Miesbach etwa 100 und Weilheim-Schongau etwa 250 durch die bisherige Energiewende hinzugewonnen, wie auf der rechten Seite von Abbildung 4.3 gezeigt wird. Demnach hat die INOLA-Region in der Summe etwa 1.350 Arbeitsplätze hinzugewonnen. Bei einer Berücksichtigung der Verdrängungseffekte reduziert sich diese Zahl um etwa 30 Arbeitsplätze pro Landkreis. Etwa 10% der gesamten Arbeitsplätze fallen an Geringqualifi-

zierte, ungefähr 60% an Fachkräfte und circa ein Drittel an Hochqualifizierte. Dieses Verhältnis ist in allen Landkreisen annähernd gleich.

Abbildung 4.3: Wirtschaftliche Effekte der bisherigen Energiewende auf Landkreisebene

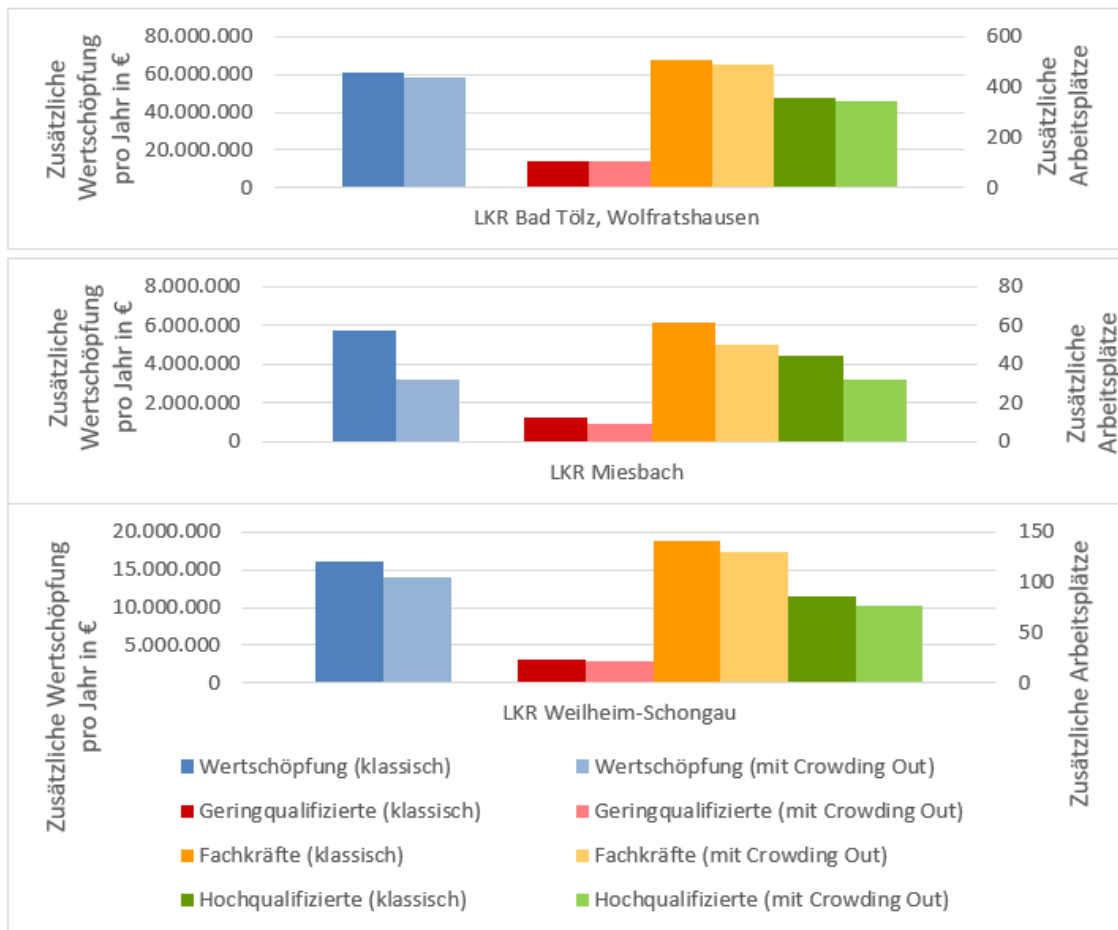
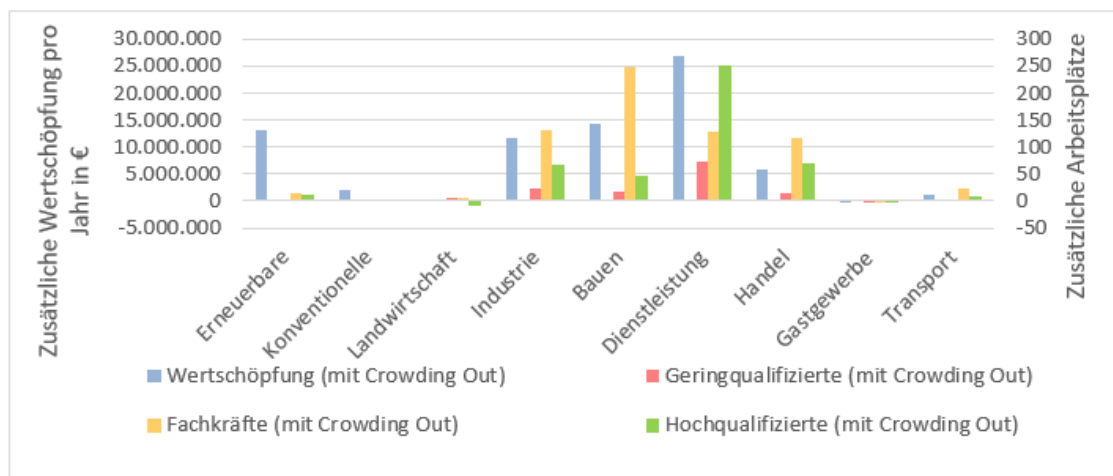


Abbildung 4.4: Wirtschaftliche Effekte der bisherigen Energiewende auf Ebene der Wirtschaftsbereiche



Bei einer Betrachtung der Verteilung der Effekte über die Wirtschaftsbereiche hinweg ist in Abbildung 4.4 zu erkennen, dass die Wertschöpfungseffekte hauptsächlich in den Wirtschaftsbereichen Erneuerbare Energien, Industrie, Bauen, Dienstleistungen und im geringeren Maße im Handel anfallen. Arbeitsplatzeffekte finden sich jedoch kaum im Wirtschaftsbereich der Erneuerbaren Energien,

was darauf zurückzuführen ist, dass dies ein sehr kapitalintensiver Wirtschaftsbereich ist. Die anderen Wirtschaftsbereiche in denen die Wertschöpfungseffekte anfallen, verzeichnen aber deutliche Zunahmen an Arbeitsplätzen.

Die wirtschaftlichen Effekte der angestrebten Energiewende hin zu 100% Erneuerbare Energien sind weitestgehend unabhängig von der Änderung bzw. vom Belassen des Regionalplans, wie jeweils in Abbildung 4.5 und Abbildung 4.7 gezeigt wird. Die Wertschöpfungseffekte betragen in jedem der drei Landkreise etwa 30 Millionen Euro pro Jahr, was einer zusätzlichen Wertschöpfung in der gesamten INOLA-Region von knapp 100 Millionen Euro pro Jahr durch die vertiefte Energiewende entspricht. Pro Landkreis entstehen etwa 600 neue Arbeitsplätze durch die vertiefte Energiewende. Bei einer Berücksichtigung der Verdrängungseffekte reduzieren sich sowohl die erwartete zusätzliche Wertschöpfung als auch die erwarteten zusätzlichen Arbeitsplätze um etwa 10%. Etwa 10% der gesamten Arbeitsplätze fallen an Geringqualifizierte, ungefähr die Hälfte an Fachkräfte und circa 40% an Hochqualifizierte. Dieses Verhältnis ist in allen Landkreisen annähernd gleich. Auch wenn die absoluten Größen annähernd gleich sind, profitiert der Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen eher von einer Änderung des Regionalplans, wohingegen der Landkreis Weilheim-Schongau eher von einem Belassen des aktuellen Regionalplans profitiert.

Auf Ebene der Wirtschaftsbereiche, wie sie in Abbildung 4.6 bei Änderungen des Regionalplans bzw. in Abbildung 4.8 ohne Änderungen des Regionalplans dargestellt ist, kann man starke Ähnlichkeiten zum bisherigen Ausbau Erneuerbarer Energien erkennen. Das Gastgewerbe ist kaum von der Energiewende berührt und für die Landwirtschaft sind leichte negative Effekte zu erkennen, was insbesondere an Ressourcennutzungskonflikten liegt. Besonders stark profitiert sowohl in der Wertschöpfung als auch bei den Arbeitsplätzen der Dienstleistungsbereich, gefolgt von Bauen, Handel, Industrie und konventionellen Energien. Dieser Gewinn der konventionellen Energien verwundert zunächst, da gerade deren Abschaffung erreicht werden soll. Dass dieser Wirtschaftsbereich dennoch einen Gewinn an Wertschöpfung und Arbeitsplätzen aufweist, liegt jedoch daran, dass in diesem Wirtschaftsbereich auch Wirtschaftszweige geführt werden, welche den Energietransport und die Energieverteilung betreffen (bspw. Strom-, Gas- und Wärmenetze). Somit ist der Ausbau der Versorgungsnetze im Rahmen der Energiewende der Grund für diese positiven Effekte des Wirtschaftsbereichs der konventionellen Energien. Die Wirtschaftsbereiche der erneuerbaren Energien und des Transports verzeichnen leichte positive Effekte.

Abbildung 4.5: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Landkreisebene (bei Änderung des Regionalplans)

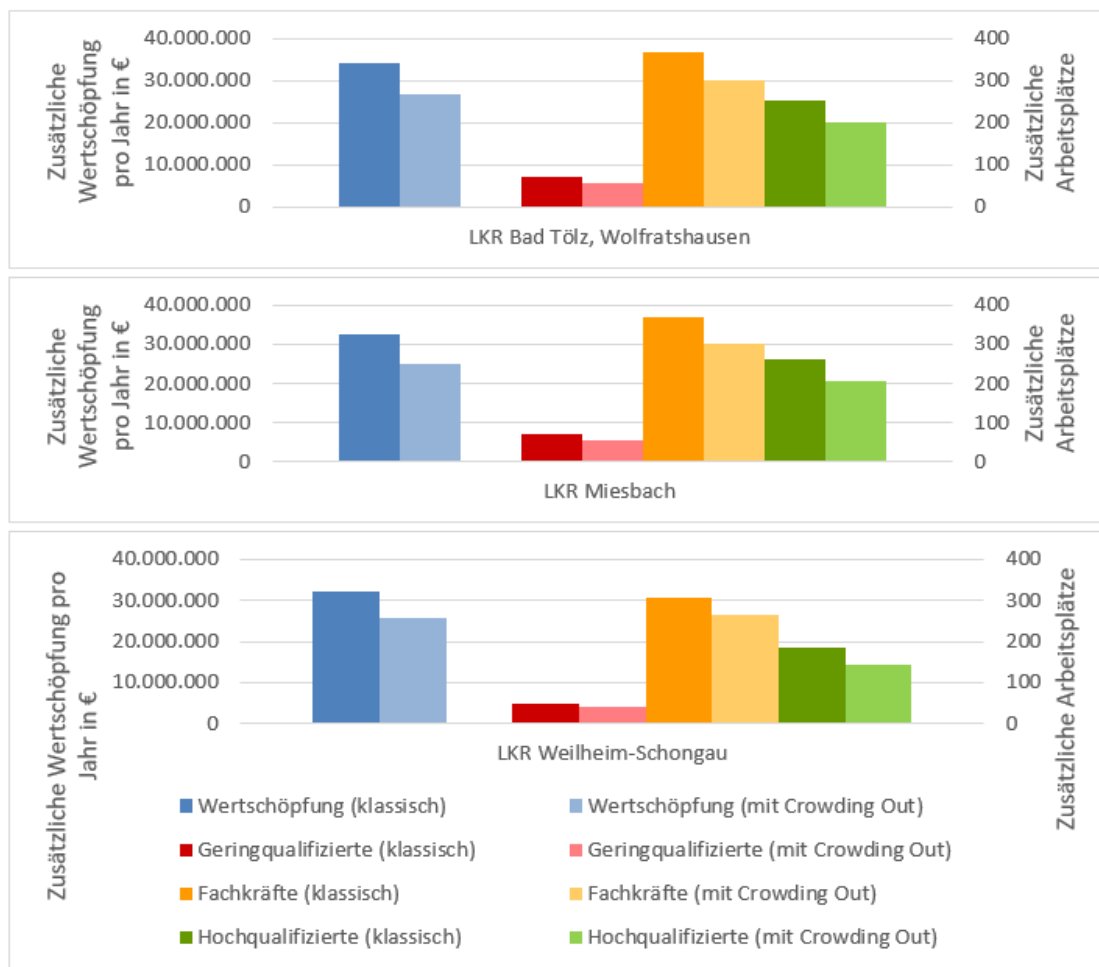


Abbildung 4.6: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Ebene der Wirtschaftsbereiche (bei Änderung des Regionalplans)

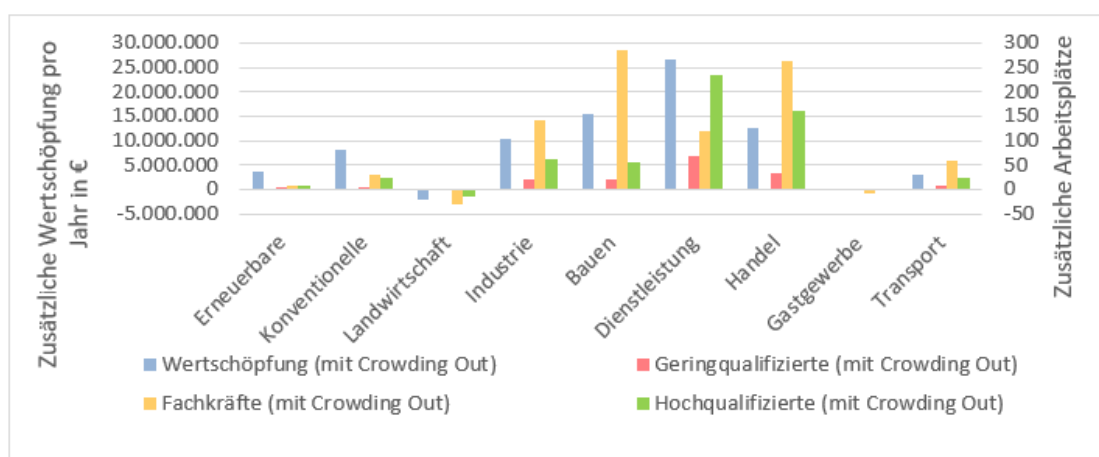


Abbildung 4.7: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Landkreisebene (ohne Änderung des Regionalplans)

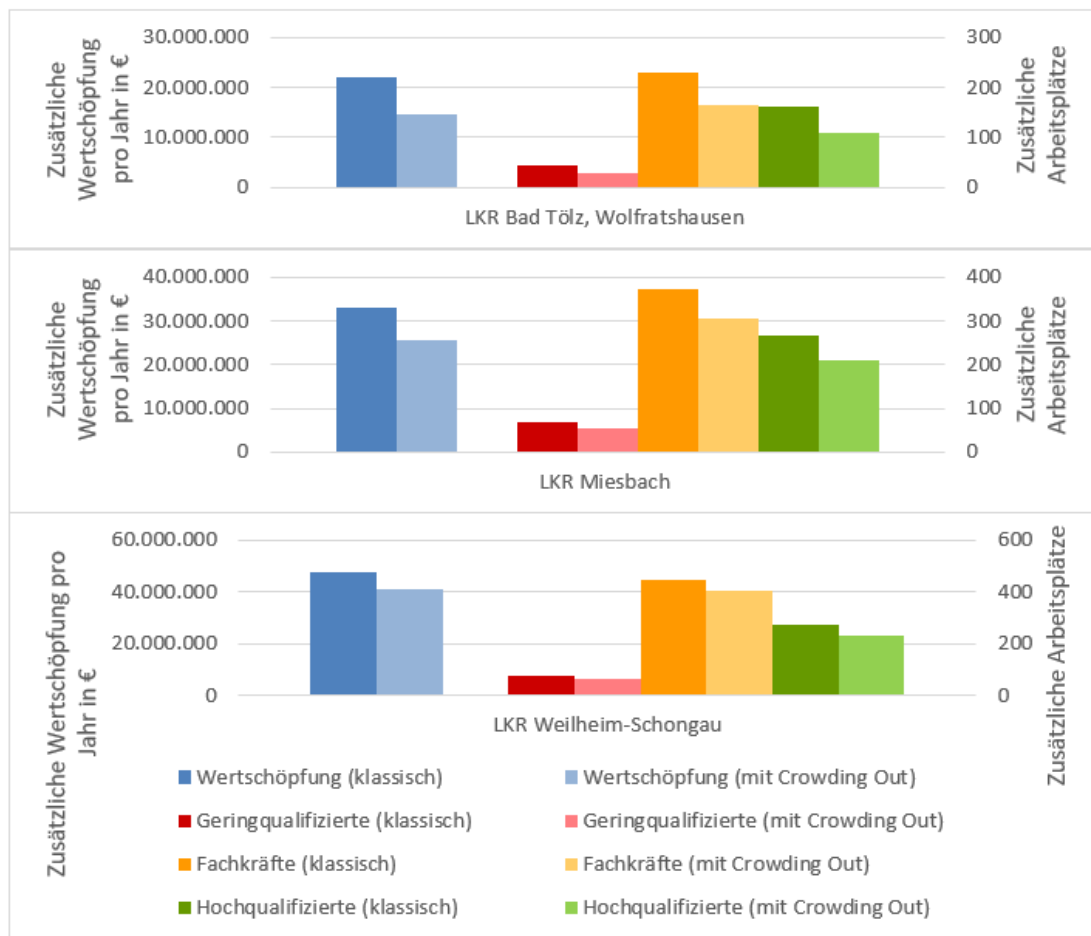
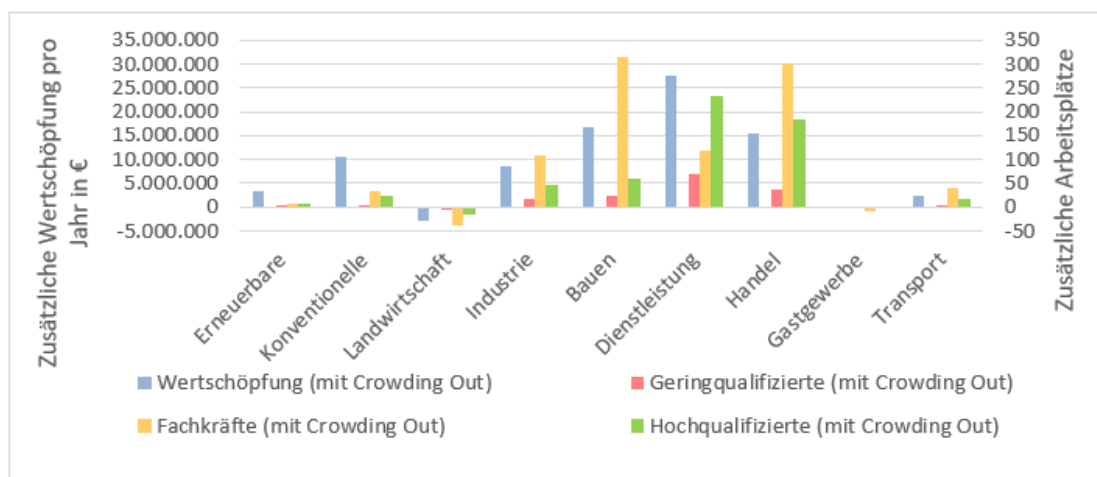


Abbildung 4.8: Wirtschaftliche Effekte der zukünftigen Energiewende auf Ebene der Wirtschaftsbereiche (ohne Änderung des Regionalplans)



5 Bewertung der Sanierungsmaßnahmen

5.1 Ausbaupfade Gebäudesanierung

Die wirtschaftlichen Effekte der Gebäudesanierung werden in dieser Studie für zwei unterschiedliche Ausbaupfade untersucht. Der Ausbaupfad 1 entspricht einem Business-as-usual-Szenario, der Ausbaupfad 2 ist deutlich ambitionierter und konzentriert sich insbesondere auf Gebäude mit hohem Energiebedarf. In Tabelle 5.1 wird dargestellt, welchen durchschnittlichen Neubaustandard, welche jährliche Sanierungsquote und welchen durchschnittlichen Standard nach der Sanierung der Ausbaupfad 1 annimmt. Die im Ausbaupfad 1 angenommen Größen entsprechen weitestgehend den historischen Größen der vergangenen 15 Jahre. In Tabelle 5.2 werden der angenommene durchschnittliche Neubaustandard, die Sanierungsquote und der Standard nach einer Sanierung für den Ausbaupfad 2 dargestellt. Alle drei Größen sind deutlich ambitionierter als im Ausbaupfad 1 gewählt, stellen jedoch eine Mischung aus gemäßigten Maßnahmen in allen drei Bereichen dar, anstatt sehr ambitionierte Maßnahmen in nur einem der drei Bereiche zu forcieren. Dieses gemischte Maßnahmenpaket des Ausbaupfads 2 stellt sich bei Simulationen als besonders effektiv heraus.

In im Rahmen des INOLA-Projektes durchgeführten Umfragen geben die Befragten an, durchschnittlich etwa 20.000€ pro Sanierungszeitpunkt an Kosten zu haben (INOLA-Arbeitsbericht Nr. 9). Der Wert von 20.000€ Kosten pro Sanierungszeitpunkt ist deutlich geringer als die von uns berechneten Kosten für eine konventionelle Sanierung für das Beispiel eines Einfamilienhauses von knapp 60.000 € und viel geringer als die von uns berechneten Kosten einer ambitionierten Sanierung von etwa 87.000 €. Diese Diskrepanz zwischen den angegebenen Kosten von 20.000€ in den Umfragen und den verwendeten Beispielposten von knapp 60.000€ bzw. 87.000€ lässt sich dadurch erklären, dass umfassende Sanierungsmaßnahmen häufig in zeitlich getrennten Teilsanierungen durchgeführt werden und die Befragten nur die Kosten eines einzelnen Sanierungszeitpunktes angegeben haben. Dementsprechend führten die Befragten meist deutlich weniger Sanierungsmaßnahmen als die sechs bis sieben Maßnahmen durch, die in den betrachteten Maßnahmenpaketen für eine energetische Vollsanierung genutzt werden. So geben nur etwa 35% der Befragten an mehr als drei Sanierungsmaßnahmen getätigt zu haben. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Befragten selten alle Sanierungsmaßnahmen zu einem Zeitpunkt, sondern meist mehrere Maßnahmen hintereinander zu verschiedenen Zeitpunkten tätigen. In den Beispielposten im Abschnitt 5.3 werden diese Sanierungsmaßnahmen zu einem einzigen Kostenpunkt zusammengefasst.

Tabelle 5.1: Ausbaupfad Sanierung 1

Durchschnittlicher Neubaustandard	30 kwh/(m ² *a)	Entspricht A+ Häusern
Jährliche Sanierungsquote	0,7%	Diefenbach et al. (2010) Oberland Region: Ca. 550 Wohngebäude pro Jahr (= Ø 7-8 Wohngebäude pro Gemeinde) Ca. 10.700 Wohngebäude bis 2035 Ca. 16.000 Wohngebäude bis 2045
Durchschnittlicher Standard nach Sanierung	80 kwh/(m ² *a)	Quelle: BMWi 2014

Tabelle 5.2: Ausbaupfad Sanierung 2

Durchschnittlicher Neubaustandard	20 kwh/(m ² *a)	Mittlere Verschärfung
Jährliche Sanierungsquote	1,4%	Verdoppelung der aktuellen Sanierungsquote Oberland Region: Ca. 1.070 Wohngebäude pro Jahr (= Ø 15 Wohngebäude pro Gemeinde) Ca. 21.500 Wohngebäude bis 2035 Ca. 32.200 Wohngebäude bis 2045
Durchschnittlicher Standard nach Sanierung	60 kwh/(m ² *a)	Mittlere Verschärfung

5.2 Zuteilung der Sanierungskosten auf Wirtschaftszweige

In diesem Abschnitt werden die Kostenanteile verschiedener Sektoren an einer durchschnittlichen Sanierung berechnet. Die Umbaukosten sind aus Hinz, Eberhard (2015), S.14 übernommen. Aus eigene Beispielskalkulation konnte errechnet werden, dass die Entsorgungskosten etwa 1,5 % der gesamten Sanierungskosten ausmachen. Aus diesem Grund sind von jeder Kostenposition 1,5% dem

Wirtschaftszweig 9 zugerechnet. Die dort angegebenen Maßnahmen sind in folgende Wirtschaftszweige umgerechnet worden: Fenster sind zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 7 zugerechnet, zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 21 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugerechnet; Rollläden sind zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 8, zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 21 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Außenwand ist zu 93,575% dem Wirtschaftszweig 20, zu 4,925% dem Wirtschaftszweig 21 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Kellerdecke ist zu 98,5% dem Wirtschaftszweig 20 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; oberste Geschossdecke ist zu 98,5% dem Wirtschaftszweig 20 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Flachdach ist zu 4,925% dem Wirtschaftszweig 8, zu 93,575% dem Wirtschaftszweig 20 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Steildach ist zu 4,925% dem Wirtschaftszweig 8, zu 93,575% dem Wirtschaftszweig 20 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Heizanlagen sind zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 8, zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 21 zugeordnet Flachdach ist zu 4,925% dem Wirtschaftszweig 8, zu 93,575% dem Wirtschaftszweig 20 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Lüftungsanlagen sind zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 8, zu 49,25% dem Wirtschaftszweig 21 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Gerüste sind zu 19,7% dem Wirtschaftszweig 8, zu 78,8% dem Wirtschaftszweig 20 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet; Energieberatung & Architekten sind zu 98,5% dem Wirtschaftszweig 26 sowie zu 1,5% dem Wirtschaftszweig 9 zugeordnet. Im Schnitt wurden pro sanierten Haus ca. 3,01 Maßnahmen ergriffen. Der jeweilige Anteil eines Wirtschaftszweigs an den Gesamtkosten folgt der Berechnung durch die Formel: $((\text{Kosten des jeweiligen Wirtschaftszweigs}) / (\text{Gesamtkosten})) \cdot 100 \%$. Sowohl die Kosten als auch der Anteil an den Sanierungskosten ist auf zwei Nachkommastellen gerundet und werden in Tabelle 5.3 angegeben.

Tabelle 5.3: Aufteilung der Sanierungskosten auf Wirtschaftszweige

Wirtschaftszweig-Nr.	Wirtschaftszweigename	Durchschnittliche Kosten in € pro sanierten Haus	Anteil an gesamten Sanierungskosten
7	Gummi-, Plastik- Glass- und Keramikprodukte	4.014,56	7,70%
8	Metall, Metallprodukte, Maschine, Ausrüstung und sonstige Produkte	7.843,95	15,04%
9	Wasserversorgung, Kanalisation, Abfallwirtschaft und Sanierungen	769,97	1,48%
20	Bauindustrie	27.083,14	51,92%
21	Groß- und Einzelhandel; Reparaturen inklusive Automotoren	11.450,71	21,95%
26	Leih- und Leasinggeschäfte; sonstige Unternehmensdienstleistungen	1.005,57	1,98%
	Gesamtsumme	52.167,90	100%

5.3 Sanierungskosten und energetische Auswirkungen anhand zweier Beispielgebäude

In diesem Abschnitt werden die Kosten von zwei Beispielsanierungen für zwei Beispielgebäude berechnet und in ein Verhältnis zur Reduktion des Nettoheizwärmebedarfs gesetzt. Die Beispielgebäude sowie die Maßnahmenpakete und die Auswirkungen stammen aus IWU (2015a), die Berechnung der Kosten orientiert sich an Hinz (2015).

Dabei ist das eine Beispielgebäude ein Einfamilienhaus mit einer beheizten Wohnfläche von 110 m^2 , einer Wohneinheit und einem Vollgeschoss sowie einem ausgebauten Dachgeschoss. Es wurde zwischen 1958 und 1968 erbaut. Etwa 6,13 % der Wohnfläche in Deutschland sind Einfamilienhäuser aus diesem Zeitraum (Eigene Berechnung nach IWU, 2015a). Die Größen der Flächen der unterschiedlichen Bauteile sind dem sehr ähnlichen Beispielgebäude 1 aus EnEV 2007 entnommen (IWU, 2015b). Der Nettoheizbedarf des Gebäudes vor den Sanierungsmaßnahmen beträgt $180 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, der Primärenergiebedarf $309 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Die Auflistung der genauen Eigenschaften des Gebäudes vor der Sanierung ist in Tabelle 5.4 bis Tabelle 5.6 zu finden.

Das zweite Beispielgebäude ist ein Mehrfamilienhaus mit einer beheizten Wohnfläche von 2845 m^2 , 32 Wohnungen und 4 Vollgeschossen. Auch dieses Gebäude wurde zwischen 1958 und 1968 gebaut. Etwa 2,14% der Wohnfläche in Deutschland sind Mehrfamilienhäuser aus diesem Zeitraum. Die Größen der Flächen der unterschiedlichen Bauteile sind dem NEH Dietzenbach aus EnEV 2007 entnommen (IWU, 2015b). Um den Größenunterschied zwischen den zwei Gebäuden auszugleichen, sind alle angegebenen Flächen mit 1,4 multipliziert. Der Nettoheizbedarf des Gebäudes vor den Sanierungsmaßnahmen beträgt $127 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, der Primärenergiebedarf $235 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Die Größen, die dieses Gebäude genauer charakterisieren, stehen in Tabelle 5.11 bis Tabelle 5.13.

Auf beide Beispielgebäude werden zwei unterschiedlich ambitionierte Sanierungsmaßnahmenpakete angewandt. Ein moderates Maßnahmenpaket „konventionell“ und ein ambitioniertes Maßnahmenpaket „zukunftsweisend“. Beide Maßnahmenpakete bestehen aus wärmetechnischen Maßnahmen, insbesondere durch Dämmung und einer Modernisierung der Wärmeversorgung. Für beide Beispielgebäude sind die Auswirkungen auf den U-Wert und den Energieaufwand für 1 kWh Wärme der Einzelmaßnahmen sowie auf den daraus resultierenden Nettoheiz- und Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes aus IWU (2015a) entnommen. Die Kosten sind mithilfe der Kostenkoeffizienten verschiedener Maßnahmen aus Hinz (2015) berechnet. Neben den Vollkosten sind auch die energiebedingten Mehrkosten angegeben. Diese sind definiert als diejenigen Kosten der Vollkosten, die nicht reine Instandhaltungskosten sind. Alle Kosten enthalten Mehrwertsteuer und sind somit Bruttokosten. Bei Bauteilen sind die Kosten pro Fläche aus der Beispielsrechnung (Hinz, 2015) für 800 m^2 Gebäude entnommen. Die verschiedenen Maßnahmenpakete inklusive der Gesamtkosten und den energiebedingten Mehrkosten werden für das EFH-Beispielgebäude in den Tabelle 5.7 bis Tabelle 5.10 und für das MFH-Gebäude in den Tabellen Tabelle 5.14 bis Tabelle 5.17 angegeben.

Das Maßnahmenpaket 1 „konventionell“ orientiert sich an den Vorgaben der EnEV 2009. Beim EFH-Beispielgebäude wird im Dachgeschoss die alte Dämmung entfernt und der Sparrenzwischenraum voll gedämmt. Die Außenwände werden mit einem 12 cm dicken Wärmedämmverbundsystem gedämmt. Die alten Fenster werden durch Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ersetzt und unter der Kellerdecke werden 8 cm starke Dämmplatten verlegt.

Die alten Heizleitungen werden gegen dünnere und gedämmte ausgetauscht. Der Niedertemperatur-Kessel wird durch einen Brennwertkessel ersetzt und Warmwasserspeicher wird gegen einen neuen ausgetauscht.

Das Maßnahmenpaket 2 „zukunftsweisend“ ist ambitioniert und dämmt den Dachbereich mit 30 cm Dämmstärke, die Außenwanddämmung beträgt 24 cm und die Kellerdeckendämmung 12 cm Dämmstärke. Die alten Fenster werden gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung in gedämmten Rahmen wie bei Passivhäusern ersetzt. In der Anlagentechnik wird zusätzlich zu den Maßnahmen aus dem Paket 1 noch eine Lüftungsrücklage mit Wärmerückgewinnung von 80% sowie eine thermische Solaranlage eingebaut.

Die Maßnahmenpakete „konventionell“ und „zukunftsweisend“ für das MFH-Beispielgebäude ähneln weitestgehend den Maßnahmenpaketen für das Einfamilienhaus. Da das Mehrfamilienhaus jedoch ein flaches und kein Steildach besitzt, wird anstatt der Dämmung der Sparrenzwischenräume mit 12 cm Dämmstärke die oberste Geschossdecke gedämmt.

Tabelle 5.4: Ist-Zustand Beispielgebäude Einfamilienhaus, Grunddaten

Baujahr	1958-1968
Beheizte Wohnfläche	110 m ²
Geschosse	1 Vollgeschoss und ein ausgebautes Dachgeschoss
Wohneinheiten	1
Dachfläche	72,6 m ²
Gesamtfläche Außenwände	140,6 m ²
Gesamtfläche Fenster	16,2 m ²
Fläche Kellerdecke	64,9 m ²

Tabelle 5.5: Ist-Zustand Beispielgebäude Einfamilienhaus, Dämmung

Konstruktion	Beschreibung	U-Wert in W/(m²K)
Dach / oberste Geschossdecke	Steildach mit 5 cm Dämmung	0,8
Außenwand	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2
Fenster	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8
Fußboden	Betondecke mit 1 cm Dämmung	1,6
Netto-Heizwärmebedarf		180 kWh/(m ² a)

Tabelle 5.6: Ist-Zustand Beispielgebäude Einfamilienhaus, Wärmeversorgung

Wärmeversorgungssystem	Beschreibung	Energieaufwand für 1 kWh Wärme
Heizsystem	Gas-Zentralheizung, geringe Effizienz: Niedertemperatur-Kessel, hohe Wärmeverluste der Verteilleitungen	1,38 kWh Gas
Warmwassersystem	Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Niedertemperatur-Kessel): schlecht gedämmte Zirkulationsleitungen	2,70 kWh Gas
Primärenergie		309 kWh/(m ² a)

Tabelle 5.7: Maßnahmenpaket 1 „Konventionell“ für EFH-Beispielgebäude, Dämmung

Wärmetechnische Maßnahmen	U-Wert in W/(m ² K)	Kosten in €	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Dämmung im Sparren-Zwischenraum (WLS 035), Dämmstärke insgesamt 12 cm	0,41	13.376,55	2.885,85
Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmeverbundsystem)	0,23	18.362,36	7.520,69
Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	1,30	5.265,-	1.365
Kellerdecke: Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke	0,34	2.644,68	/

Tabelle 5.8: Maßnahmenpaket 1 „Konventionell“ für EFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung

Wärmeversorgungssystem	Energieaufwand für 1 kWh Wärme	Kosten	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Gas-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; minimierte Wärmeverluste der Verteilungen	1,12 kWh Gas	4.620,-	/
Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel), keine Zirkulationsleitung	2,46 kWh Gas	6.710,-	/

Tabelle 5.9: Maßnahmenpaket 2 „Zukunftsweisend“ für EFH-Beispielgebäude, Dämmung

Wärmetechnische Maßnahmen	U-Wert in W/(m ² K)	Kosten in €	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Dämmung im Sparren-Zwischenraum (WLS 035) + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	0,14	16.996,89	5.982,97
Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmeverbundsystem)	0,13	23.103,39	12.261,73
Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmten Rahmen (Passivhaus-Fenster)	0,80	14.394,24	5.112,24
Kellerdecke: Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke	0,25	2.969,18	/

Tabelle 5.10: Maßnahmenpaket 2 „Zukunftsweisend“ für EFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung

Wärmeversorgungssystem	Energieaufwand für 1 kWh Wärme	Kosten	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Gas-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; minimierte Wärmeverluste der Verteilungen und Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung	0,69 kWh Gas (zuzüglich Strom für Lüftungsanlage	7.700,-	1.100,-
Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel) und thermische Solaranlage; Solarspeicher, keine Zirkulationsleitung	0,39 kWh Gas	21.560,-	5.500,-

Tabelle 5.11: Ist-Zustand Beispielgebäude Mehrfamilienhaus, Grunddaten

Baujahr	1958-1968
Beheizte Wohnfläche	2.845 m ²
Geschosse	4 Vollgeschosse
Wohneinheiten	32
Fläche oberste Decke	867,3 m ²
Gesamtfläche Außenwände	2380 m ²
Gesamtfläche Fenster	455 m ²
Fläche Kellerdecke	867,3 m ²

Tabelle 5.12: Ist-Zustand Beispielgebäude Mehrfamilienhaus, Dämmung

Konstruktion	Beschreibung	U-Wert in W/(m ² K)
Dach / oberste Geschossdecke	Betondecke mit 5 cm Dämmung	0,6
Außenwand	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2
Fenster	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0
Fußboden	Betondecke mit 1 cm Dämmung	1,6
Netto-Heizwärmebedarf		127 kWh/(m ² a)

Tabelle 5.13: Ist-Zustand Beispielgebäude Mehrfamilienhaus, Wärmeversorgung

Wärmeversorgungssystem	Beschreibung	Energieaufwand für 1 kWh Wärme
Heizsystem	Gas-Zentralheizung, geringe Effizienz: Niedertemperatur-Kessel, hohe Wärmeverluste der Verteilleitungen	1,21 kWh Gas
Warmwassersystem	Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Niedertemperatur-Kessel); WW-Speicher: schlecht gedämmte Zirkulationsleitungen	3,82 kWh Gas
Primärenergie		235 kWh/(m ² a)

Tabelle 5.14: Modernisierungspaket 1 „Konventionell“ für MFH-Beispielgebäude, Dämmung

Wärmetechnische Maßnahmen	U-Wert in W/(m ² K)	Kosten in €	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Dämmung 12 cm auf der Decke	0,20	14.258,41	/
Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmeverbundsystem)	0,23	310.828,-	127.306,-
Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	1,30	143.370,-	/
Kellerdecke: Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke	0,34	35.342,48	/

Tabelle 5.15: Modernisierungspaket 1 „Konventionell“ für MFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung

Wärmeversorgungssystem	Energieaufwand für 1 kWh Wärme	Kosten	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Gas-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; gute Dämmung der Wärmeleitungen	1,10 kWh Gas	119.490,-	/
Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel); WW-Speicher; gut gedämmte Zirkulationsleitung	1,76 kWh Gas	173.545,-	/

Tabelle 5.16: Modernisierungspaket 2 „Zukunftsweisend“ für MFH-Beispielgebäude, Dämmung

Wärmetechnische Maßnahmen	U-Wert in W/(m ² K)	Kosten in €	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke	0,10	30.806,50	/
Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmeverbundsystem)	0,13	391.081,60	207.559,80
Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmten Rahmen (Passivhaus-Fenster)	0,80	222.334,56	78.964,06
Kellerdecke: Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke	0,25	39.678,98	/

Tabelle 5.17: Modernisierungspaket 2 „Zukunftsweisend“ für MFH-Beispielgebäude, Wärmeversorgung

Wärmeversorgungssystem	Energieaufwand für 1 kWh Wärme	Kosten	Davon energiebedingte Mehrkosten in €
Gas-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; gute Dämmung der Wärmeverteilungen und Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung	0,55 kWh Gas (zuzüglich Strom für Lüftungsanlage)	199.150,-	28.450,-
Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel) und thermische Solaranlage; Solarspeicher, keine Zirkulationsleitung	0,63 kWh Gas	188.395,-	142.250,-

Bei Annahme einer linearen Entwicklung der Gesamtkosten bei einer Reduktion des Nettoheizwärmebedarfs der Gebäudehülle können der Nettoheizwärmebedarf und die daraus folgenden Kosten der zwei Maßnahmenpakete „konventionell“ und „zukunftsweisend“ extrapoliert werden (s. Abbildung 5.1). So ist die Berechnung der Kosten verschiedener Nettoheizwärmebedarfe für die zwei Beispielgebäude möglich. Für das EFH-Beispielgebäude lautet die so berechnete Funktion: Gesamtkosten = $-4,51 \cdot \text{Nettoheizwärmebedarf} + 1045,6$. Für das MFH-Beispielgebäude lautet die so berechnete Funktion: Gesamtkosten = $-1,82 \cdot \text{Nettoheizwärmebedarf} + 414,85$. Die verschiedenen Gesamtkosten sowie die Kosten pro Quadratmeter können aus Tabelle 5.18 für Einfamilienhäuser und aus Tabelle 5.19 für Mehrfamilienhäuser entnommen werden.

Abbildung 5.1: Darstellung der Kosten der Sanierung zur Erreichung verschiedener Nettoheizwärmeniveaus

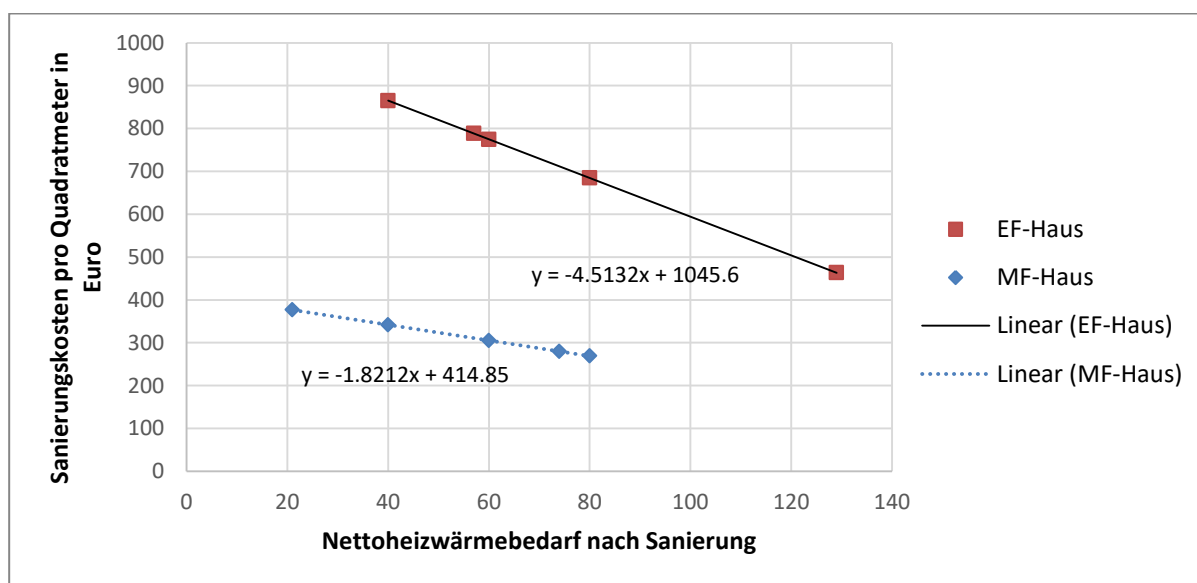


Tabelle 5.18: Kosten Sanierung EFH bei verschiedenen Nettoheizwärmebedarfen

Reduktion des Nettoheizwärmebedarfs der Gebäudehülle auf x (kWh/m²a)	Gesamtkosten pro Quadratmeter	Gesamtkosten 110 m²
129	463,44	50.978,21
57	788,39	86.723,19
40	865,07	95.157,92
60	774,81	85.228,88
80	684,54	75.299,84

Tabelle 5.19: Kosten Sanierung MFH bei verschiedenen Nettoheizwärmebedarfen

Reduktion des Nettoheizwärmebedarfs der Gebäudehülle auf x (kWh/m ² a)	Gesamtkosten pro Quadratmeter	Gesamtkosten 2845 m ²
74	280,08	796.831,01
21	376,60	1.071.440,66
40	342,-	972.995,69
60	305,59	869.369,41
80	269,15	765.743,13

5.4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Effekte auf Wertschöpfung und Arbeitsplätze dargestellt, die aus den zwei Ausbaupfaden 1 (niedrige Sanierungsmaßnahmen) und Ausbaupfad 2 (hohe Sanierungsmaßnahmen) entstehen. Dabei werden die Arbeitsplatzeffekte aufgeteilt in Effekte auf Geringqualifizierte, Fachkräfte und Hochqualifizierte. Außerdem werden die Effekte sowohl klassisch als auch mit einer Berücksichtigung von Verdrängungseffekten dargestellt. Verdrängungseffekte beziehen Nutzungskonflikte von Produktionsfaktoren mit ein, beispielsweise durch eine Knappheit an Arbeitskräften.

Tabelle 5.20: Zuordnung Wirtschaftszweige zu Wirtschaftsbereichen

Wirtschaftsbereich	WZ-Nummern
Erneuerbare Energien und Energieversorgung	12; 13; 14; 15
Konventionelle Energien	10; 11; 16; 17; 18; 19
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei & Bergbau	1; 2; 3
Industrie, Verarbeitendes Gewerbe	4; 5; 6; 7; 8; 9; 25
Bauen	20
Dienstleistungen und öffentlicher Sektor	24; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32
Binnenhandel	21
Gastgewerbe, Tourismus	22
Transport	23

Die Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte finden sich zudem aufgeschlüsselt nach Wirtschaftsbereichen sowie nach den drei Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Weilheim-Schongau und auch für die gesamte INOLA-Region aufgeschlüsselt. Die Wirtschaftsbereiche stellen

dabei eine Aggregation der Wirtschaftszweige dar und setzen sich wie in Tabelle 5.20 gezeigt zusammen.

Bei Gebäudesanierungen nach dem Ausbaupfad 1, wie in Abbildung 5.2 dargestellt, entsteht für die Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen und Weilheim-Schongau etwa 15 Millionen Euro zusätzliche Wertschöpfung pro Jahr und für den Landkreis Miesbach gut 10 Millionen Euro. Insgesamt entstehen pro Landkreis etwa 300 zusätzliche Arbeitsplätze, die zu etwa 10% bei Geringqualifizierten, zu 60% bei Fachkräften und zu etwa 30% bei Hochqualifizierten anfallen. In der gesamten INOLA-Region entstehen durch das Ausbaupfad 1 somit etwa 900 neue Arbeitsplätze und etwa 40 Millionen Euro zusätzliche Wertschöpfung. Die Berücksichtigung der Verdrängungseffekte ändert das Ergebnis nicht signifikant. Dies erlaubt die Interpretation, dass bei Sanierungen Konflikte um Produktionsfaktoren kaum eine Rolle spielen. Dabei sollte aber berücksichtigt werden, dass durchaus Ressourcen aus anderen Regionen abgezogen werden, die jedoch hier nicht gezeigt werden. Abbildung 5.3 zeigt die Aufteilung dieser Effekte auf die verschiedenen Wirtschaftsbereiche. Besonders die Baubranche profitiert von den Wertschöpfungseffekten, gefolgt von dem Handel und der Industrie. Die Arbeitsplatzeffekte fallen vorrangig in der Industrie an.

Der Ausbaupfad 2, der in Abbildung 5.4 und Abbildung 5.5 dargestellt wird, zeigt qualitativ kaum Unterschiede zum Ausbaupfad 1. Jedoch verdoppeln sich sowohl die zusätzliche Wertschöpfung als auch die zusätzlichen Arbeitsplätze verglichen mit dem Ausbaupfad 1. Dies gilt für alle Landkreise und alle Wirtschaftsbereiche.

Abbildung 5.2: Wirtschaftliche Effekte Gebäudesanierungen auf Landkreisebene bei Ausbaupfad 1

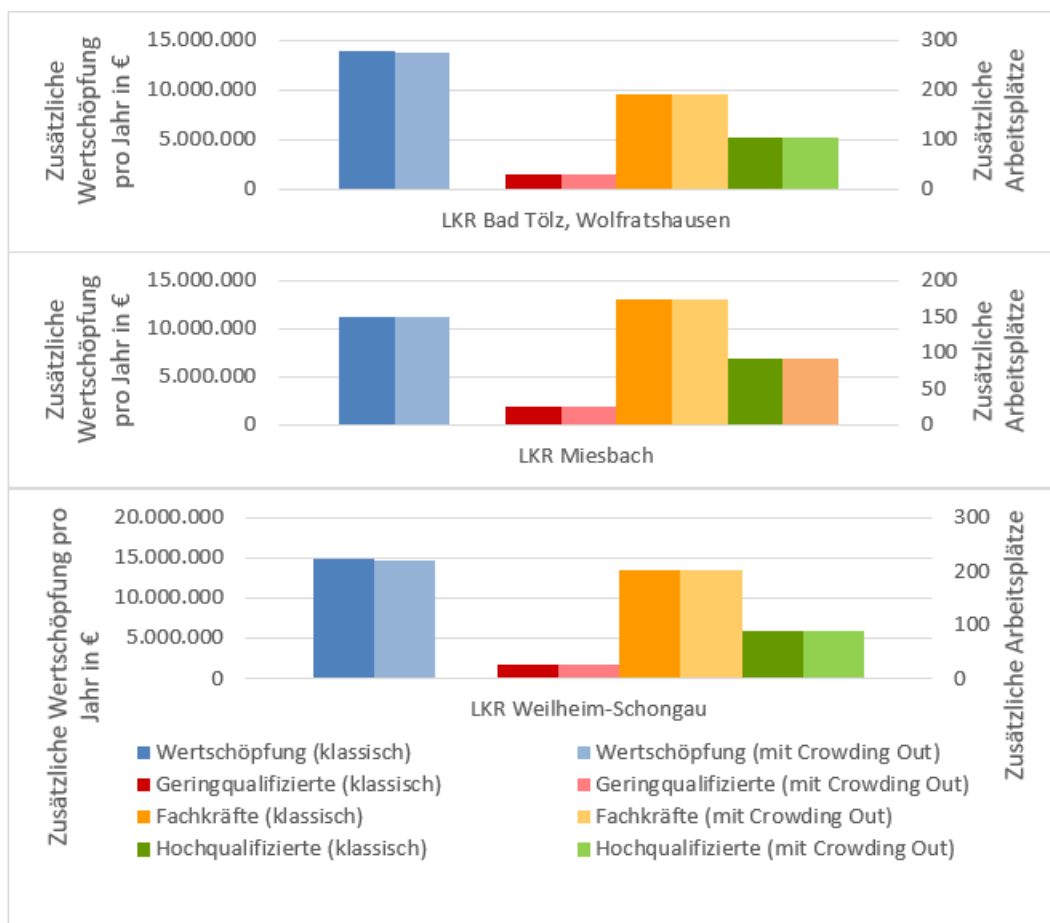


Abbildung 5.3: Wirtschaftliche Effekte der Gebäudesanierungen auf Ebene der Wirtschaftsbereiche bei Ausbaupfad 1

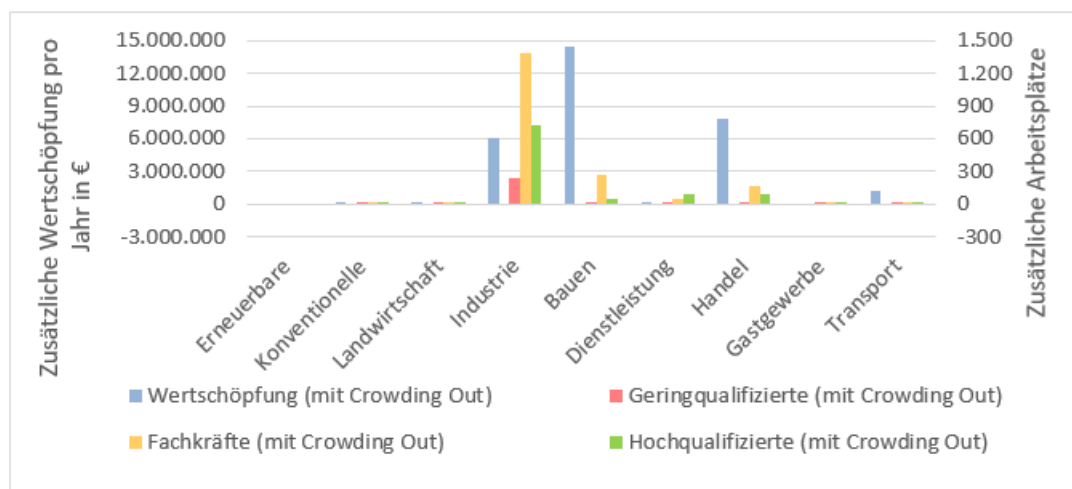


Abbildung 5.4: Wirtschaftliche Effekte der Gebäudesanierungen auf Landkreisebene bei Ausbaupfad 2

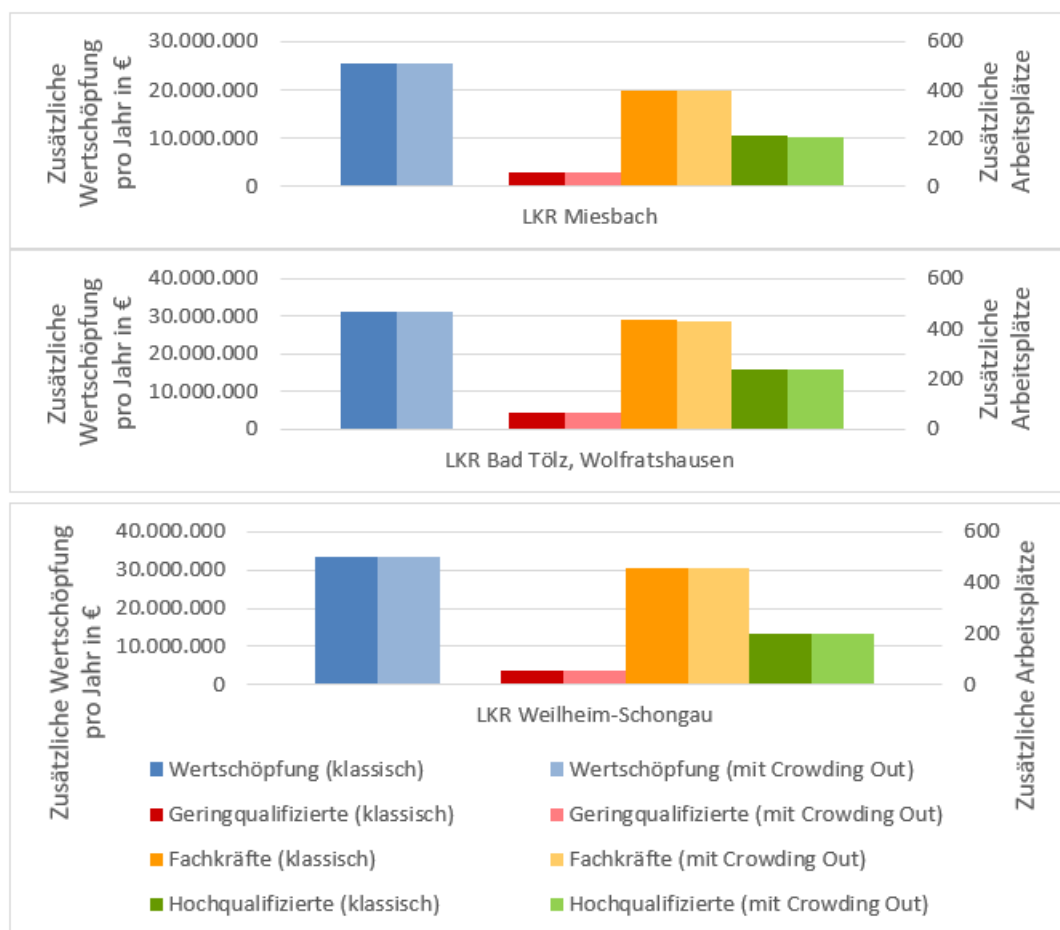
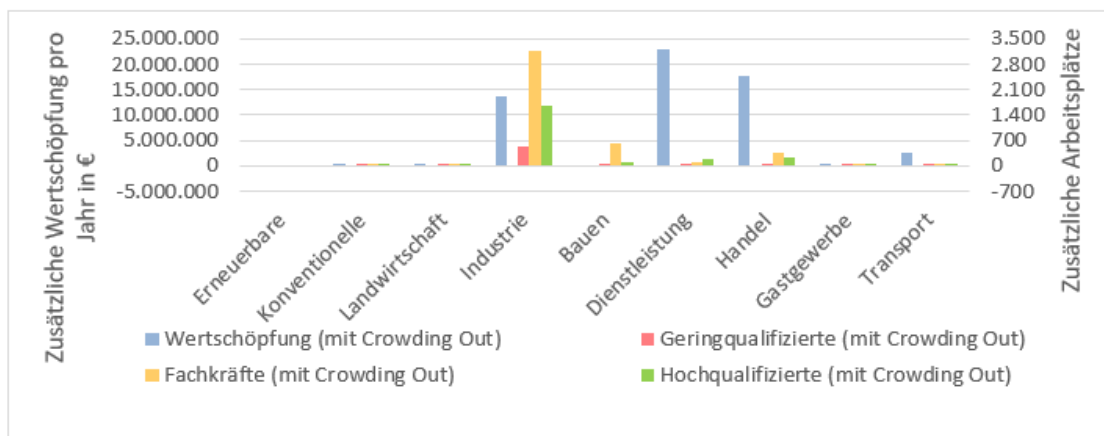


Abbildung 5.5: Wirtschaftliche Effekte Gebäudesanierungen auf Ebene der Wirtschaftsbereiche bei Ausbaupfad 2



6 Zusammenfassung und Ausblick

Frühere Arbeiten des Projektes INOLA haben gezeigt, dass trotz des hohen Potentials an Erneuerbare Energien und insbesondere an Photovoltaik in der Region, das 100%-Ziel nur durch hohe Zuwächse bei den Sanierungsraten erreicht werden kann. Im Rahmen dieser Studie wurden die Auswirkungen untersucht, die unterschiedliche Ausbaupfade sowohl für den Ausbau Erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung als auch für die Gebäudesanierung auf die regionale Wirtschaft haben könnten. Dabei wurden die wirtschaftlichen Effekte in Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte untergliedert.

Die zwei Ausbaupfade für erneuerbare Energien basieren auf den natürlichen Potenzialen in der Region, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der rechtlichen Rahmenbedingungen. Ausbaupfad 1 enthält alle rechtlichen Einschränkungen des EE-Ausbaus, die zurzeit existieren und im Regionalplan festgeschrieben sind. Ausbaupfad 2 berücksichtigt hingegen die mittels regionale Strategieworkshops erfassten Präferenzen der Bewohner der Region bezüglich des Ausbaus verschiedener Technologien. Sie erfordert somit eine Änderung des Regionalplans. Da die Ausbaupfade die verschiedenen Technologien unterschiedlich stark vorantreiben, generieren sie unterschiedliche Wertschöpfungseffekte.

Einleitend sollte erwähnt werden, dass die in diesem Bericht betrachteten Effekte einen Zwischenstand darstellen und der Schwerpunkt auf der konzeptionellen und methodischen Entwicklung lag. Viele Einzeleffekte und Maßnahmen sind in den folgenden Zahlen noch nicht berücksichtigt, so dass zu erwarten ist, dass die endgültigen Effekte deutlich größer ausfallen werden. Der gezeigte Stand dient insbesondere zur Stakeholder-Interaktion in der Region und wird als Basis für deren Feedback genutzt um die weitere Ausrichtung der Analyse noch besser an die regionalen Bedürfnisse und Anforderungen anzupassen.

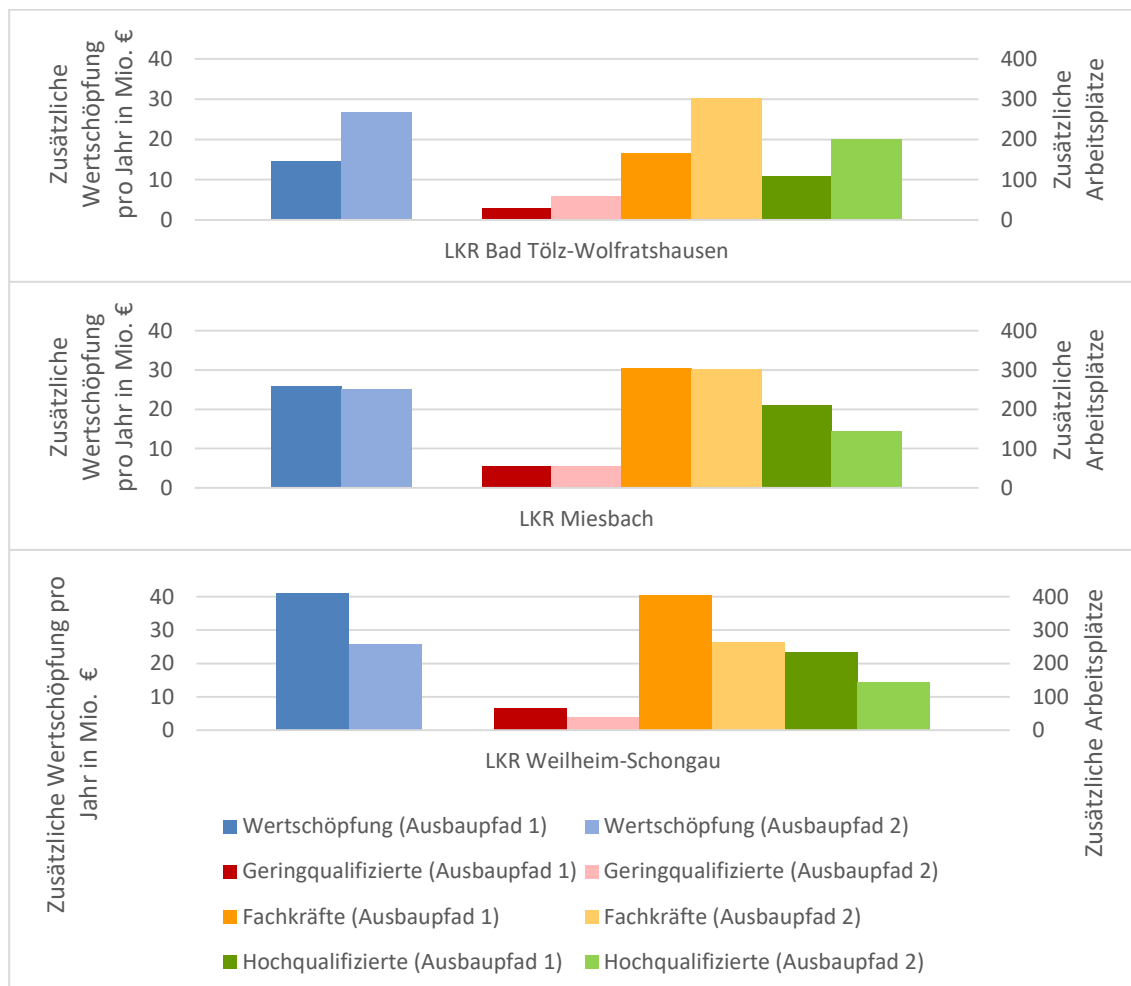
Die wirtschaftlichen Effekte der angestrebten Energiewende hin zu 100% Erneuerbare Energien sind für die gesamte INOLA-Region weitestgehend unabhängig von der Änderung bzw. dem Belassen des Regionalplans, wie in Abbildung 6.1 gezeigt wird. Beide Ausbaupfade verdoppeln in etwa den Anteil der erneuerbaren Energien an der regionalen Wertschöpfung von 0,4% auf 0,86% (Ausbaupfad 1) bzw. auf 0,79% (Ausbaupfad 2). Allerdings profitiert der Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen eher von einer Änderung des Regionalplans, wohingegen der Landkreis Weilheim-Schongau eher von einem Belassen des aktuellen Regionalplans profitiert und zwar sowohl im Sinne von zusätzlicher Wertschöpfung als auch von zusätzlichen Arbeitsplätzen. Für den Landkreis Miesbach haben beide Ausbaupfade annähernd dieselben Auswirkungen.

Bei einer Änderung des Regionalplans betragen die Wertschöpfungseffekte des vertieften Erneuerbaren-Energien-Ausbaus etwa 25 Millionen Euro pro Jahr in jedem der drei Landkreise, was einer zusätzlichen Wertschöpfung in der gesamten INOLA-Region von knapp 75 Millionen Euro pro Jahr entspricht. Pro Landkreis entstehen zwischen 450 und 560 neue Arbeitsplätze durch die vertiefte Energiewende. Etwa 10% der gesamten Arbeitsplätze fallen an Geringqualifizierte, ungefähr die Hälfte an Fachkräfte und circa 40% an Hochqualifizierte. Dieses Verhältnis ist in allen Landkreisen annähernd gleich.

Beim Belassen des Regionalplans generiert die regionale Energiewende eine zusätzliche Wertschöpfung in Höhe von etwa 15 Millionen Euro pro Jahr im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, 25 Millio-

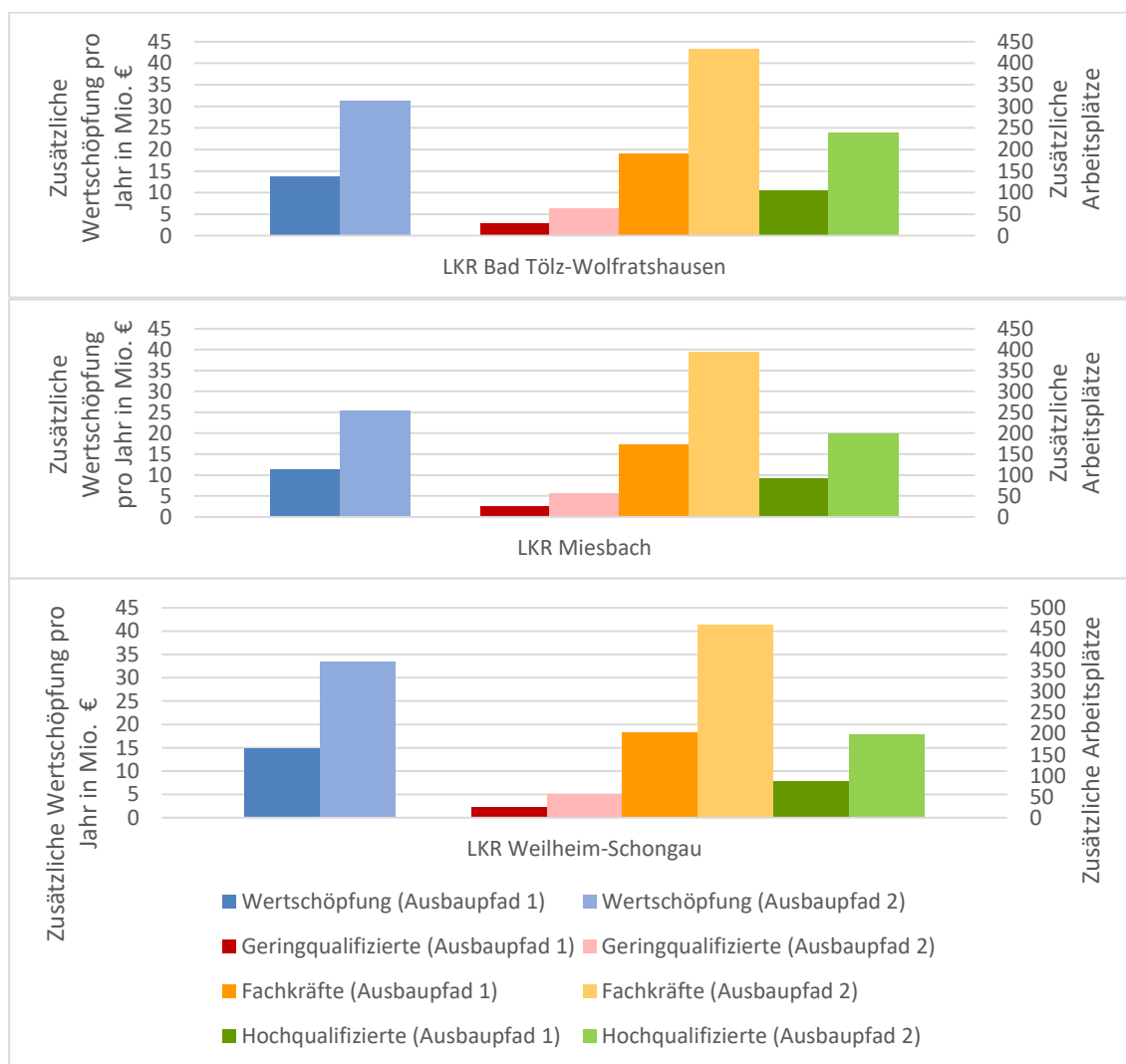
nen Euro im Landkreis Miesbach und 40 Millionen Euro im Landkreis Weilheim-Schongau. Die Anzahl der neuen Arbeitsplätze beläuft sich auf jeweils 300, 560 und 700. Die Aufteilung der neuen Arbeitsplätze auf die drei Qualifikationsstufen entspricht annähernd die Aufteilung bei Ausbaupfad 1.

Abbildung 6.1: Wirtschaftliche Effekte des Ausbaus Erneuerbarer Energien auf Landkreisebene



Bei der Gebäudesanierung entspricht der Ausbaupfad 1 einem Business-as-usual-Szenario, bei dem beispielsweise die durchschnittliche Sanierungsquote 0,7% beträgt. Der Ausbaupfad 2 ist, mit einer doppelt so hohen Sanierungsquote von 1,4% unter anderen Faktoren, deutlich ambitionierter und konzentriert sich insbesondere auf Gebäude mit hohem Energiebedarf. Wie in Abbildung 6.2 dargestellt, entsteht bei Gebäudesanierungen nach Ausbaupfad 1 eine zusätzliche Wertschöpfung von etwa 14 Millionen Euro pro Jahr für die Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen, 11 Millionen Euro für Miesbach und 15 Millionen Euro und Weilheim-Schongau. Insgesamt entstehen pro Landkreis etwa 300 zusätzliche Arbeitsplätze, die zu etwa 10% bei Geringqualifizierten, zu 60% bei Fachkräften und zu etwa 30% bei Hochqualifizierten anfallen. Der Ausbaupfad 2 zeigt qualitativ kaum Unterschiede zum Ausbaupfad 1. Jedoch verdoppeln sich sowohl die zusätzliche Wertschöpfung als auch die zusätzlichen Arbeitsplätze verglichen mit dem Ausbaupfad 1.

Abbildung 6.2: Wirtschaftliche Effekte der Gebäudesanierungen auf Landkreisebene



Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sowohl der verstärkte Ausbau Erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung als auch eine Intensivierung der Gebäudesanierungen positive Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft insgesamt und den einzelnen Landkreisen haben kann. Dies zeigt sich in zusätzlicher Wertschöpfung und neuen Arbeitsplätzen. Angesichts des bereits heute existierenden Fachkräftemangels in Deutschland, welcher durch die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen und den Ausbau erneuerbarer Energien noch verschärft wird, kann davon ausgegangen werden, dass das fehlende Personal den größten Engpass bei der Umsetzung der Energiewende darstellt. Ohne die entsprechenden Zuwächse bei den Beschäftigten können sich die positiven wirtschaftlichen Effekte in der Region jedoch nicht manifestieren. Es besteht also dringender Handlungsbedarf auf Seiten der Politik, um eine gezielte Nachwuchsförderung sowie stärkere Anreize, die die Attraktivität der Berufsgruppen erhöhen, auf den Weg zu bringen.

7 Literaturverzeichnis

- Benz, S., Larch, M., Zimmer, M. (2014):** The structure of the German economy. In: *Applied Economics* 46 (27): 3274-3283
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (Hrsg.) (2014):** Sanierungsbedarf im Gebäudebestand. Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie in Gebäuden. München.
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2018a):** Gebäude energieeffizienter machen, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende-im-gebäudebereich.html>, aufgerufen am 09.11.2018.
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2018b):** Fachkräfte für Deutschland, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/fachkraeftesicherung.html>, aufgerufen am 24.01.2019.
- BSW [Bundesverband Solarwirtschaft e.V.] (2007):** GroSol – Studie zu großen Solarwärmeanlagen, Berlin.
- CUTEC [Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH] (2007):** Studie „Datensammlung Bioenergie für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Methodik der VDI-Richtlinie 2067“, Clausthal-Zellerfeld.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2008):** Klassifikation der Wirtschaftszweige. Mit Erläuterungen, Wiesbaden.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2019):** Input-Output-Tabelle der inländischen Produktion und Importe zu Herstellungspreisen 2015. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/innlandsprodukt-input-ouptrechnung.html>. Aufgerufen am 05.04.2019
- Diefenbach, Nikolaus; Cischinsky, Holger; Rodenfels, Markus; Clausnitzer, Klaus-Dieter (2010):** Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Neue Ausg. Darmstadt: Wohnen und Umwelt.
- EU (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.
- Fisher, E.; Marshall K. (2011):** The Structure of the American Economy. In: *Review of International Economics*, 19(1): 15-31
- Hirschl, B., Aretz, A., Prahl, A., Böther, T., Heinbach, K., Pick, D., Funcke, S. (2010):** Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Schriftenreihe des IÖW (196), Berlin.
- Hirschl, B., Heinbach, K., Prahl, A., Salecki, S., Schröder, A., Aretz, A., Weiß, Julika (2015):** Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Schriftreihe des IÖW (210), Berlin.
- Hinz, E. (2015):** Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten, Darmstadt.

IWU [Institut Wohnen und Umwelt] (2015a): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, Darmstadt.

IWU [Institut Wohnen und Umwelt] (2015b): EnEV-XL: <https://www.iwu.de/veroeffentlichungen/fachinformationen/energiebilanzen/informationen-enev-xl/> aufgerufen am 26.09.2018.

Mink, R. (2017): Darstellung des Einkommenskreislaufs in der Abfolge der Sektorenkonten. 10. Berliner VGR-Kolloquium.

Render [Regionaler Dialog Energiewende] (2017): Potenziale und Chancen einer regionalen Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien in der Städteregion Aachen, 3. Ausgabe von Jenniches, S. und Schneider, J.

Simons, G., Peterson, T. (2001): California renewable technology market and benefits assessment. Palo Alto, CA and Sacramento, CA: Electric Power Research Institute (EPRI) und California Energy Commission (CEC).

Wood, R., Stadler, K., Bulavskaya, T., Lutter, S., Giljum, S., de Koning, A., Kuenen, J., Schütz, H., Acosta-Fernández, J., Usubiaga, A., Simas, M., Ivanova, O., Weinzettel, J., Schmidt, J.H., Merciai, S., Tukker, A. (2015): Global sustainability accounting-developing EXIOBASE for multi-regional footprint analysis, Sustainability (Switzerland), 7 (1), S. 138-163.

8 Anhang

8.1 Einteilung der Wirtschaftszweige

Tabelle 8.1: NACE-Wirtschaftszweigzuordnung aus Destatis (2008)

NACE-Nr.	Beschreibung der Wirtschaftszweige
1	Landwirtschaft, Jagd und damit verbundene Tätigkeiten
2	Forstwirtschaft und Holzeinschlag
3	Fischerei und Aquakultur
5	Kohlenbergbau
6	Gewinnung von Erdöl und Erdgas
7	Erzbergbau
8	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau
9	Erbringung von Dienstleistungen für den Bergbau und für die Gewinnung von Steinen und Erden
10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln
11	Getränkeherstellung
12	Tabakverarbeitung
13	Herstellung von Textilien
14	Herstellung von Bekleidung
15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen
16	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
18	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und

	Datenträgern
19	Kokerei und Mineralölverarbeitung
20	Herstellen von chemischen Erzeugnissen
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
24	Metallerzeugung und -bearbeitung
25	Herstellung von Metallerzeugnissen
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
28	Maschinenbau
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
30	Sonstiger Fahrzeugbau
31	Herstellung von Möbeln
32	Herstellung von sonstigen Waren
33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
35	Elektrizitätsversorgung
36	Wasserversorgung
37	Abwasserentsorgung
38	Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung

39	Beseitigung von Umweltverschmutzungen und sonstigen Entsorgungen
41	Hochbau
42	Tiefbau
43	Vorbereitende Baustellarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe
45	Handel mit Kraftfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen
46	Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
47	Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen
50	Schifffahrt
51	Luftfahrt
52	Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr
53	Post-, Kurier- und Expressdienste
55	Beherbergung
56	Gastronomie
58	Verlagswesen
59	Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegung von Musik
60	Rundfunkveranstalter
61	Telekommunikation
62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
63	Informationsdienstleistungen
64	Erbringung von Finanzdienstleistungen
65	Versicherung, Rückversicherung und Pen-

	sionskassen (ohne Sozialversicherung)
66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistungen verbundene Tätigkeiten
68	Grundstücks- und Wohnungswesen
69	Rechts- und Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung
70	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben
71	Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung
72	Forschung und Entwicklung
73	Werbung und Marktforschung
74	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten
75	Veterinärwesen
77	Vermietung von beweglichen Sachen
78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften
79	Reisebüros, Reiseveranstalter und Erbringung sonstiger Reservierungsdienstleistungen
80	Wach- und Sicherheitsdienste sowie Detekteien
81	Gebäudebetreuung; Garten- und Landschaftsbau
82	Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen für Unternehmen und Privatpersonen a.n.g.
84	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung
85	Erziehung und Unterricht
86	Gesundheitswesen
87	Heime (ohne Erholungs- und Ferienheime)

88	Sozialwesen (ohne Heime)
90	Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten
91	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten
92	Spiel-, Wett- und Lotteriewesen
93	Erbringung von Dienstleistungen des Sports, der Unterhaltung und der Erholung
94	Interessenvertretungen sowie kirchliche und sonstige religiöse Vereinigungen (ohne Sozialwesen und Sport)
95	Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern
96	Erbringung von sonstigen überwiegend persönlichen Dienstleistungen
97	Private Haushalte mit Hauspersonal
98	Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf ohne ausgeprägten Schwerpunkt
99	Exterritoriale Organisationen Körperschaften

Tabelle 8.2: Wirtschaftszweiguordnung der Bundesagentur für Arbeit

Arbeitsagentur-Nr.	Beschreibung der Wirtschaftszweige
1	Land-, Forstwirtschaft und Fischerei
2	Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Energiewirtschaft
3	Herstellung von überwiegend häuslich konsumierten Gütern (ohne Güter der Metall-, Elektro- und Chemieindustrie)
4	Metall- und Elektroindustrie sowie Stahlindustrie
5	Herstellung von Vorleistungsgütern, insbesondere von chemischen Erzeugnissen und Kunststoffwaren (ohne Güter der Metall- und Elektroindustrie)
6	Baugewerbe
7	Handel, Instandhaltung, Reparatur von Kfz
8	Verkehr und Lagerei
9	Gastgewerbe
10	Information und Kommunikation
11	Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen
12	Immobilien, freiberufliche wissenschaftliche und technische Dienstleistungen
13	sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen (ohne Arbeitnehmerüberlassung)
14	Arbeitnehmerüberlassung
15	Öffentliche Verwaltung, Vertei-

	digung, Sozialversicherung, Ext. Organisationen
16	Erziehung und Unterricht
17	Gesundheitswesen
18	Heime und Sozialwesen
19	sonstige Dienstleistungen, Private Haushalte

Tabelle 8.3: Wirtschaftszweiguordnung nach Exiobase

Exiobase-Nr.	Beschreibung der Wirtschaftszweige
1	Cultivation of paddy rice
2	Cultivation of wheat
3	Cultivation of cereal grains n.e.c.
4	Cultivation of vegetables, fruit, nuts
5	Cultivation of oil seeds
6	Cultivation of sugar cane, sugar beet
7	Cultivation of plant-based fibers
8	Cultivation of crops n.e.c.
9	Cattle farming
10	Pigs farming
11	Poultry farming
12	Meat animals n.e.c.
13	Animal products n.e.c.
14	Raw milk
15	Wool, silk-worm cocoons
16	Manure treatment (conventional), storage and land application
17	Manure treatment (biogas), storage and land application
18	Forestry, logging and related service activities
19	Fishing, operating of fish hatcheries and fish farms; service activities incidental to fishing
20	Mining of coal and lignite; extraction of peat
21	Extraction of crude petroleum and services related to crude oil extraction, excluding surveying

22	Extraction of natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying
23	Extraction, liquefaction, and regasification of other petroleum and gaseous materials
24	Mining of uranium and thorium ores
25	Mining of iron ores
26	Mining of copper ores and concentrates
27	Mining of nickel ores and concentrates
28	Mining of aluminium ores and concentrates
29	Mining of precious metal ores and concentrates
30	Mining of lead, zinc and tin ores and concentrates
31	Mining of other non-ferrous metal ores and concentrates
32	Quarrying of stone
33	Quarrying of sand and clay
34	Mining of chemical and fertilizer minerals, production of salt, other mining and quarrying n.e.c.
35	Processing of meat cattle
36	Processing of meat pigs
37	Processing of meat poultry
38	Production of meat products n.e.c.
39	Processing vegetable oils and fats
40	Processing of dairy products
41	Processed rice
42	Sugar refining
43	Processing of food products n.e.c.

44	Manufacture of beverages
45	Manufacture of fish products
46	Manufacture of tobacco products
47	Manufacture of textiles
48	Manufacture of wearing apparel; dressing and dyeing of fur
49	Tanning and dressing of leather; manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear
50	Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles of straw and plaiting materials
51	Re-processing of secondary wood material into new wood material
52	Pulp
53	Re-processing of secondary paper into new pulp
54	Paper
55	Publishing, printing and reproduction of recorded media
56	Manufacture of coke oven products
57	Petroleum refinery
58	Processing of nuclear fuel
59	Chemicals, chemical products and man-made fibres
60	Re-processing of secondary plastic into new plastic
61	N-fertiliser
62	P- and other fertiliser
63	Chemicals n.e.c.
64	Manufacture of rubber and plastic products
65	Manufacture of glass and glass prod-

	ucts
66	Re-processing of secondary glass into new glass
67	Manufacture of ceramic goods
68	Manufacture of bricks, tiles and construction products, in baked clay
69	Manufacture of cement, lime and plaster
70	Re-processing of ash into clinker
71	Manufacture of other non-metallic mineral products n.e.c.
72	Manufacture of basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof
73	Re-processing of secondary steel into new steel
74	Precious metals production
75	Re-processing of secondary precious metals into new precious metals
76	Aluminium production
77	Re-processing of secondary aluminium into new aluminium
78	Lead, zinc and tin production
79	Re-processing of secondary lead into new lead
80	Copper production
81	Re-processing of secondary copper into new copper
82	Other non-ferrous metal production
83	Re-processing of secondary other non-ferrous metals into new other non-ferrous metals
84	Casting of metals
85	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and

	equipment
86	Manufacture of machinery and equipment n.e.c.
87	Manufacture of office machinery and computers
88	Manufacture of electrical machinery and apparatus n.e.c.
89	Manufacture of radio, television and communication equipment and apparatus
90	Manufacture of medical, precision and optical instruments, watches and clocks
91	Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers
92	Manufacture of other transport equipment
93	Manufacture of furniture; manufacturing n.e.c.
94	Recycling of waste and scrap
95	Recycling of bottles by direct reuse
96	Production of electricity by coal
97	Production of electricity by gas
98	Production of electricity by nuclear
99	Production of electricity by hydro
100	Production of electricity by wind
101	Production of electricity by petroleum and other oil derivatives
102	Production of electricity by biomass and waste
103	Production of electricity by solar photovoltaic
104	Production of electricity by solar thermal

105	Production of electricity by tide, wave, ocean
106	Production of electricity by Geothermal
107	Production of electricity n.e.c.
108	Transmission of electricity
109	Distribution and trade of electricity
110	Manufacture of gas; distribution of gaseous fuels through mains
111	Steam and hot water supply
112	Collection, purification and distribution of water
113	Construction
114	Re-processing of secondary construction material into aggregates
115	Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessories
116	Retail sale of automotive fuel
117	Wholesale trade and commission trade, except of motor vehicles and motorcycles
118	Retail trade, except of motor vehicles and motorcycles; repair of personal and household goods
119	Hotels and restaurants
120	Transport via railways
121	Other land transport
122	Transport via pipelines
123	Sea and coastal water transport
124	Inland water transport
125	Air transport
126	Supporting and auxiliary transport

	activities; activities of travel agencies
127	Post and telecommunications
128	Financial intermediation, except insurance and pension funding
129	Insurance and pension funding, except compulsory social security
130	Activities auxiliary to financial intermediation
131	Real estate activities
132	Renting of machinery and equipment without operator and of personal and household goods
133	Computer and related activities
134	Research and development
135	Other business activities
136	Public administration and defence; compulsory social security
137	Education
138	Health and social work
139	Incineration of waste: food
140	Incineration of waste: paper
141	Incineration of waste: plastic
142	Incineration of waste: metals and inert materials
143	Incineration of waste: textiles
144	Incineration of waste: wood
145	Incineration of waste: oil/hazardous waste
146	Biogasification of food waste, incl. land application
147	Biogasification of paper, incl. land application
148	Biogasification of sewage sludge, incl.

	land application
149	Composting of food waste, incl. land application
150	Composting of paper and wood, incl. land application
151	Waste water treatment, food
152	Waste water treatment, other
153	Landfill of waste: food
154	Landfill of waste: paper
155	Landfill of waste: plastic
156	Landfill of waste: inert/metal/hazardous
157	Landfill of waste: textiles
158	Landfill of waste: wood
159	Activities of membership organisation n.e.c.
160	Recreational, cultural and sporting activities
161	Other service activities
162	Private households with employed persons
163	Extra-territorial organizations and bodies